

COMPARACIÓN DEL MÉTODO LINEAL ELÁSTICO ESTATICO Y MÉTODO LINEAL DINÁMICO EN ESTRUCTURAS APORTICADAS EN CONCRETO REFORZADO

PRESENTADO POR:

NOMBRE: VILLAMIL MATAALLANA KAREN VIVIANA. CÓDIGO: 505256

NOMBRE: TARQUINO HORTUA DAVID RICARDO. CÓDIGO: 505611

**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA INGENIERÍA CIVIL
TRABAJO DE INVESTIGACIÓN
BOGOTÁ D.C.
2018**

**COMPARACIÓN DEL MÉTODO
LINEAL ELÁSTICO Y MÉTODO LINEAL DINÁMICO EN ESTRUCTURAS
APORTICADAS EN CONCRETO REFORZADO**

PRESENTADO POR:

NOMBRE: VILLAMIL MATAALLANA KAREN VIVIANA. CÓDIGO: 505256

NOMBRE: TARQUINO HORTUA DAVIR RICARDO. CÓDIGO: 505611

Ingeniero asesor.

Santiago Nicolás Augusto Perilla Granados

**Trabajo de grado para optar el título de ingeniero
Civil**

**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA INGENIERÍA CIVIL
TRABAJO DE INVESTIGACIÓN
BOGOTÁ D.C.
2018**



La presente obra está bajo una licencia:
Atribución-NoComercial 2.5 Colombia (CC BY-NC 2.5)
Para leer el texto completo de la licencia, visita:
<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/2.5/co/>

Usted es libre de:



Compartir - copiar, distribuir, ejecutar y comunicar públicamente la obra
hacer obras derivadas

Bajo las condiciones siguientes:



Atribución — Debe reconocer los créditos de la obra de la manera especificada por el autor o el licenciante (pero no de una manera que sugiera que tiene su apoyo o que apoyan el uso que hace de su obra).



No Comercial — No puede utilizar esta obra para fines comerciales.

Nota de aceptación:

Santiago Nicolás Augusto Perilla Granados
Asesor del Proyecto

Firma del Presidente del Jurado

Firma del Jurado

Bogotá, 31, octubre, 2018

DEDICATORIA

A Dios todo poderoso quien nos permitió llegar a este punto de la vida

A nuestros padres que inculcando su amor, sabiduría, comprensión y confianza nos dieron la oportunidad de escalar un peldaño más en la escalera de la vida

A nuestros amigos que con todo su aprecio nos enseñaron que el verdadero triunfo surge de las Cenizas del error y no hay que dejarse llevar por las adversidades del camino, teniendo presente que todo el esfuerzo será recompensado

Viviana Villamil

David Hortua

CONTENIDO

RESUMEN.....	15
ABSTRACT	17
INTRODUCCIÓN.....	19
1. GENERALIDADES.....	21
1.1. ANTECEDENTES Y JUSTIFICACIÓN.....	21
1.2. PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	23
1.2.1. Descripción del problema	23
1.2.2. Formulación del problema	23
1.3. OBJETIVOS	24
1.3.1. Objetivo general.....	24
1.3.2. Objetivos específicos.....	24
1.4. ALCANCES Y LIMITACIONES.....	24
1.4.1. Que se va a hacer y hasta donde se puede llegar.....	24
1.4.2. Qué no se va a hacer y que se necesita.....	26
1.5. METODOLOGÍA.....	27
2. MARCO REFERENCIAL	28
2.1. MARCO CONCEPTUAL.....	28
2.2. MARCO LEGAL.....	31
2.3. MARCO TEÓRICO.....	31
2.3.1. Sistemas estructurales	31
2.3.2. Métodos de análisis.....	32
2.3.3. Análisis estructural.....	34
2.3.4. Respuesta sísmica de sistemas lineales:.....	36
2.3.5. análisis sísmico de sistemas lineales.....	39
3. DISEÑO DE PÓRICO EN CONCRETO	42
3.1. CARGAS MUERTAS	42
3.2. CARGAS VIVAS.....	43
3.3. DISEÑO A FLEXIÓN	43
3.4. DISEÑO VIGA RECTANGULAR A CORTANTE.....	35
3.5. DISEÑO A CORTANTE	36
3.6. COLUMNAS.....	39



4. FUERZAS SÍSMICAS HORIZONTALES EQUIVALENTES	41
4.1. ZONA DE AMENAZA SISMICA	41
4.2. COLUMNA SOMETIDA A COMPRESIÓN AXIAL	46
5. MICROZONIFICACIÓN DE LA CIUDAD DE BOGOTÁ	48
5.1. ZONIFICACIÓN GEOTÉCNICA	48
5.2. ESPECTRO DE DISEÑO	50
6. MODELACION DE PORTICOS EN PROGRAMA ETABS 2016.....	54
6.1. Modelación del pórtico N.º 1.	54
6.2. EVALUACIÓN DE DIAGRAMAS CARGAS	71
6.3. REACCIONES	78
6.4. COMPARACION DEL METODO ELASTICO ESTATICO PORTICO N1.....	79
7. COMPARACIÓN DEL MÉTODO ELÁSTICO ESTÁTICO CON DINÁMICO	85
7.2. Modelación Pórtico 03:	91
7.3. Modelación Pórtico 04:	96
7.4. MODELACIÓN PÓRTICO 05:	101
7.5. MODELACIÓN PÓRTICO 06:	108
7.6. MODELACIÓN PÓRTICO 07	116
7.7. MODELACIÓN PÓRTICO 08.....	123
7.8. MODELACIÓN PÓRTICO 09.....	128
7.9. MODELACIÓN PÓRTICO 10.....	136
7.10. MODELACIÓN PÓRTICO 11	142
7.11. MODELACIÓN PÓRTICO 12.....	147
7.12. MODELACIÓN PÓRTICO 13.....	153
7.13. MODELACIÓN PÓRTICO 14.....	159
7.14. MODELACIÓN PÓRTICO 15.....	163
7.15. MODELACIÓN PÓRTICO 16.....	169
7.16. MODELACIÓN PÓRTICO 17.....	174
7.17. MODELACIÓN PÓRTICO 18.....	178
7.18. MODELACIÓN PÓRTICO 19.....	183
7.19. MODELACIÓN PÓRTICO 20.....	188
8. ANÁLISIS DE RESULTADOS	194
9. CONCLUSIONES.....	199



UNIVERSIDAD CATÓLICA
de Colombia

BIBLIOGRAFÍA.....	200
ANEXOS.....	204

LISTA DE FIGURAS.

Figura 1 Grados de libertad.....	36
Figura 2. Espectro de Respuesta Dinámica.....	38
Figura 3. Tomado de la Figura 12.1.1 sistema de dos grados de libertad Chopra 2014 Donde las ecuaciones están acopladas a través de la matriz de rigidez.....	41
Figura 4. Secciones total del acero	43
figura 5. Mapa de Zonificación sísmica en Bogotá	49
Figura 6 Espectro de Aceleraciones.....	51
Figura 7. Espectro de Velocidades.....	52
figura 8. Espectro de Desplazamientos	53
figura 9. Pórtico inicial Empotrado	55
Figura 10. Definición del Material.....	56
Figura 11. Datos no lineales del Material	56
Figura 12. Propiedad del Concreto.....	57
Figura 13. Asignación de propiedades viga y columna.....	57
Figura 14. Asignación de propiedades viga	58
Figura 15. Asignación de propiedades viga y columna.....	59
Figura 16. Especificaciones de las columnas	59
Figura 17. Vigas y Columnas creadas	60
Figura 18. Asignación de cargas.....	61
Figura 19. Asignación de cargas.....	61
Figura 20. Cargas del Sismo	63
Figura 21. Gráfico de funciones.	64
Figura 22. Espectro del Sismo	65
Figura 23. Especificaciones de carga viva y muerta.....	66
Figura 24. Combinaciones de carga.....	67
Figura 25. Análisis del pórtico.....	67
Figura 26. Análisis del Vs.....	68
Figura 27. Factor de corrección	68
Figura 28. Adecuamiento de la gravedad.....	69
Figura 29. Análisis del Vs.....	70
Figura 30. Factor de seguridad	71
Figura 31. Creación de la envolvente.....	71
Figura 32. Carga Muerta	72
Figura 33. Carga Viva	72
Figura 34. Carga de los sismos.....	73
Figura 35. Carga Envolvente	73
Figura 36. Deformación eje x deriva dinámica.....	74
Figura 37. Sección de combinaciones	75
Figura 38. Acero de Refuerzo.....	75
Figura 39. Cuantía de la estructura	76
figura 40. # Barras en la viga.....	77

figura 41. #barras en la columna.....	78
Figura 42. Combinaciones de la envolvente	79
Figura 43. Carga de sismos.....	79
Figura 44. Carga Sismo manual.....	80
Figura 45. Carga Sismo manual.....	80
Figura 46. Fuerza horizontal en el eje x.....	81
Figura 47. Aplicación carga sismo eje x	82
Figura 48. Reaccione de la estructura	83
Figura 49. Deriva de la estructura estática.....	83
Figura 50. Momentos de la estructura modelo estático.....	84
Figura 51. Aceros de refuerzo parte estática	84
Figura 52. Modelación Estática de Reacciones pórtico 2	85
Figura 53. Modelación Dinámica de Reacciones pórtico 2.....	86
Figura 54. Derivas Estáticas pórtico 2.....	87
Figura 55. Derivas Dinámicas pórtico 2	88
Figura 56. Comparación derivas pórtico 2.....	88
Figura 57. Graficas de Cargas estáticas pórtico 2	89
Figura 58. Graficas de Cargas dinámicas pórtico 2	89
Figura 59. Modelación Estática de Reacciones pórtico 3	91
Figura 60. Modelación Dinámica de Reacciones pórtico 3.....	92
Figura 61. Derivas Estáticas pórtico 3.....	92
Figura 62. Derivas Dinámicas pórtico 3	93
Figura 63. Comparación derivas pórtico 3.....	94
Figura 64. Graficas de Cargas estáticas pórtico 3	94
Figura 65. Graficas de Cargas Dinámicas pórtico 3	95
Figura 66. Modelación Estática de Reacciones pórtico 4	96
Figura 67. Modelación Dinámica de Reacciones pórtico 4.....	97
Figura 68. Derivas Estáticas pórtico 4.....	97
Figura 69. Derivas Dinámicas pórtico 4	98
Figura 70. Comparación derivas pórtico 4.....	99
Figura 71. Graficas de Cargas estáticas pórtico 4	99
Figura 72. Graficas de Cargas Dinámicas pórtico 4	100
Figura 73. Modelación Estática de Reacciones pórtico 5	101
Figura 74. Modelación Dinámica de Reacciones pórtico 5.....	102
Figura 75. Derivas Estáticas pórtico 5.....	103
Figura 76. Derivas Dinámicas pórtico 5	104
Figura 77. Comparación derivas pórtico 5.....	105
Figura 78. Graficas de Cargas estáticas pórtico 5	106
Figura 79. Graficas de Cargas Dinámicas pórtico 5	107
Figura 80. Modelación Estática de Reacciones pórtico 6	109
Figura 81. Modelación Dinámica de Reacciones pórtico 6.....	110
Figura 82. Derivas Estáticas pórtico 6.....	111

Figura 83. Derivas Dinámicas pórtico 6	112
Figura 84. Comparación derivas pórtico 6.....	113
Figura 85. Graficas de Cargas estáticas pórtico 6	114
Figura 86. Graficas de Cargas Dinámicas pórtico 6	115
Figura 87. Modelación Estática de Reacciones pórtico 7	117
Figura 88. Modelación Dinámica de Reacciones pórtico 7.....	117
Figura 89. Derivas Estáticas pórtico 7.....	118
Figura 90. Derivas Dinámicas pórtico 7	119
Figura 91. Comparación derivas pórtico 7.....	120
Figura 92. Graficas de Cargas estáticas pórtico 7	121
Figura 93. Graficas de Cargas Dinámicas pórtico 7	122
Figura 94 Modelación Estática de Reacciones pórtico 8	123
Figura 95 Modelación Dinámica de Reacciones pórtico 8.....	124
Figura 96 Derivas Estáticas pórtico 8.....	124
Figura 97. Derivas Dinámicas pórtico 8	125
Figura 98. Comparación derivas pórtico 8.....	126
Figura 99. Graficas de Cargas estáticas pórtico 8	127
Figura 100. Graficas de Cargas Dinámicas pórtico 8	127
Figura 101. Modelación Estática de Reacciones pórtico 9.....	129
Figura 102. Modelación Dinámica de Reacciones pórtico 9.....	130
Figura 103. Derivas Estáticas pórtico 9	131
Figura 104 Derivas Dinámicas pórtico 9	132
Figura 105. Comparación derivas pórtico 9	133
Figura 106. Graficas de Cargas estáticas pórtico 9.....	134
Figura 107 Graficas de Cargas Dinámicas pórtico 9	134
Figura 108 Modelación Estática de Reacciones pórtico 10.....	136
Figura 109. Modelación Dinámica de Reacciones pórtico 10	137
Figura 110 Derivas Estáticas pórtico 10	138
Figura 111 Derivas Dinámicas pórtico 10.....	138
Figura 112. Comparación derivas pórtico 10	139
Figura 113 Graficas de Cargas estáticas pórtico 10.....	140
Figura 114 Graficas de Cargas Dinámicas pórtico 10.....	141
Figura 115. Modelación Estática de Reacciones pórtico 11.....	143
figura 116 Modelación Dinámica de Reacciones pórtico 11.....	143
Figura 117 Derivas Estáticas pórtico 11	144
figura 118 Derivas Dinámicas pórtico 11	144
Figura 119. Comparación derivas pórtico 11	145
Figura 120 Graficas de Cargas estáticas pórtico 11.....	146
Figura 121 Graficas de Cargas Dinámicas pórtico 11	146
Figura 122 Modelación Estática de Reacciones pórtico 12.....	148
Figura 123 Modelación Dinámica de Reacciones pórtico 12	148
Figura 124 Derivas Estáticas pórtico 12	149

Figura 125 Derivas Dinámicas pórtico 12.....	150
Figura 126. Comparación derivas pórtico 12	150
Figura 127 Graficas de Cargas estáticas pórtico 12.....	151
Figura 128 Graficas de Cargas Dinámicas pórtico 12	151
Figura 129 Modelación Estática de Reacciones pórtico 13.....	153
Figura 130 Modelación Dinámica de Reacciones pórtico 13	154
Figura 131 Derivas Estáticas pórtico 13	154
Figura 132 Derivas Dinámicas pórtico 13.....	155
Figura 133. Comparación derivas pórtico 13	156
Figura 134 Graficas de Cargas estáticas pórtico 13.....	157
Figura 135 Graficas de Cargas Dinámicas pórtico 13.....	157
Figura 136 Modelación Estática de Reacciones pórtico 14.....	159
Figura 137 Modelación Dinámica de Reacciones pórtico 14	159
Figura 138. Derivas Estáticas pórtico 14	160
Figura 139 Derivas Dinámicas pórtico 14.....	160
Figura 140. Comparación derivas pórtico 14	161
Figura 141 Graficas de Cargas estáticas pórtico 14.....	162
Figura 142 Graficas de Cargas Dinámicas pórtico 14.....	162
Figura 143 Modelación Estática de Reacciones pórtico 15.....	164
Figura 144 Modelación Dinámica de Reacciones pórtico 15	164
Figura 145 Derivas Estáticas pórtico 15	165
Figura 146 Derivas Dinámicas pórtico 15.....	165
Figura 147. Comparación derivas pórtico 15	166
Figura 148 Graficas de Cargas estáticas pórtico 15.....	167
Figura 149 Graficas de Cargas Dinámicas pórtico 15.....	167
Figura 150 Modelación Estática de Reacciones pórtico 16.....	169
Figura 151 Modelación Dinámica de Reacciones pórtico 16	170
Figura 152 Derivas Estáticas pórtico 16	170
Figura 153 Derivas Dinámicas pórtico 16.....	171
Figura 154. Comparación derivas pórtico 2	171
Figura 155 Graficas de Cargas estáticas pórtico 16.....	172
Figura 156 Graficas de Cargas Dinámicas pórtico 16.....	173
Figura 157 Modelación Estática de Reacciones pórtico 17.....	174
Figura 158 Modelación Dinámica de Reacciones pórtico 17	175
Figura 159 Derivas Estáticas pórtico 17	175
Figura 160 Derivas Dinámicas pórtico 17.....	176
Figura 161. Comparación derivas pórtico 17	176
Figura 162 Graficas de Cargas estáticas pórtico 17.....	177
Figura 163 Graficas de Cargas Dinámicas pórtico 17	177
Figura 164 Modelación Estática de Reacciones pórtico 18.....	179
Figura 165 Modelación Dinámica de Reacciones pórtico 18	179
Figura 166 Estáticas pórtico 18.....	180

Figura 167 Derivas Dinámicas pórtico 18.....	180
Figura 168. Comparación derivas pórtico 18	181
Figura 169 Graficas de Cargas estáticas pórtico 18.....	182
Figura 170 Graficas de Cargas Dinámicas pórtico 18.....	182
Figura 171 Modelación Estática de Reacciones pórtico 19.....	184
Figura 172 Modelación Dinámica de Reacciones pórtico 19	184
Figura 173 Derivas Estáticas pórtico 19	185
Figura 174 Derivas Dinámicas pórtico 19.....	185
Figura 175. Comparación derivas pórtico 19	186
Figura 176 Graficas de Cargas estáticas pórtico 19.....	187
Figura 177 Graficas de Cargas Dinámicas pórtico 19.....	187
Figura 178 Modelación Estática de Reacciones pórtico 20.....	189
Figura 179 Modelación Dinámica de Reacciones pórtico 20	189
Figura 180 Derivas Estáticas pórtico 20	190
Figura 181 Derivas Dinámicas pórtico 20.....	190
Figura 182. Comparación derivas pórtico 20	191
Figura 183 Graficas de Cargas estáticas pórtico 20.....	192
Figura 184 Graficas de Cargas Dinámicas pórtico 20.....	192
Figura 185. Desplazamiento horizontal de los análisis estático y dinámico.....	195
Figura 186. Desplazamiento de los primeros pórticos.....	196
Figura 187. Desplazamiento de los segundos pórticos.....	197

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Valores mínimos alternativos de carga muerta de elementos no estructurales cuando no se efectúe un análisis más detallado.....	42
Tabla 2. Cargas vivas mínimas uniformemente distribuidas.	43
Tabla 3. Aa, Av y microzonificación sísmica para las ciudades capitales de Departamentos.	41
Tabla 4. Diferentes tipos de empalme longitudinal en columnas.....	43
Tabla 5 Descripción de las zonas geotécnicas, microzonificación Bogotá.....	50
Tabla 6. Coeficientes Espectrales.....	54
Tabla 7. Zonificación capitales de departamentos	62
Tabla 8. Definición de la función	63
Tabla 9. Estándar adoptada por la norma sismo-resistente Colombiana NSR-10.	76
Tabla 10. Comparación derivas tabuladas pórtico 2	88
Tabla 11. Comparación derivas tabuladas pórtico 3	93
Tabla 12 Comparación derivas tabuladas pórtico 4	98
Tabla 13. Comparación derivas tabuladas pórtico 5	104
Tabla 14. Comparación derivas tabuladas pórtico 6.....	112
Tabla 15. Comparación derivas tabuladas pórtico 7	119
Tabla 16. Comparación derivas tabuladas pórtico 8	125
Tabla 17 Comparación derivas tabuladas pórtico 9	132
Tabla 18 Comparación derivas tabuladas pórtico 10.....	138
Tabla 19 Comparación derivas tabuladas pórtico 11	145
Tabla 20 Comparación derivas tabuladas pórtico 12.....	150
Tabla 21 Comparación derivas tabuladas pórtico 13.....	155
Tabla 22 Comparación derivas tabuladas pórtico 14.....	160
Tabla 23 Comparación derivas tabuladas pórtico 15.....	165
Tabla 24 Comparación derivas tabuladas pórtico 16.....	171
Tabla 25 Comparación derivas tabuladas pórtico 17	176
Tabla 26 Comparación derivas tabuladas pórtico 18.....	180
Tabla 27 Comparación derivas tabuladas pórtico 19.....	185
Tabla 28. Comparación derivas tabuladas pórtico 20.....	190
Tabla 29. Desplazamiento horizontal de los análisis estático y dinámico	194
Tabla 30. Desplazamiento de los primeros pórticos.....	195
Tabla 31. Desplazamiento de los segundos pórticos.....	196

RESUMEN

El presente trabajo de grado es una comparación entre el método elástico estático lineal y el análisis dinámico lineal en pórticos de concreto para una zona de amenaza sísmica intermedia (Zona 2 Piedemonte) de la ciudad de Bogotá, utilizando modelos estructurales. Esta comparación se va a realizar con ayuda de un software especializado para este caso como lo es el programa ETABS, lo anterior se efectuará observando el desempeño que cada uno los pórticos tienen cuando se somete a fuerzas laterales, y a movimientos de sismo.

En ellos encontraremos los análisis por medio de la gráfica de cortante, momento, el acero requerido, los desplazamientos horizontales y verticales, comprometiendo la estabilidad de esta. Los resultados obtenidos por el diseño propuesto analíticamente tienen que cumplir con los requerimientos de la Norma NSR-10 detallando el comportamiento de los miembros de la estructura aporticada. Asimismo, se seleccionó una estructura de pórticos de 20 pisos en 2D para efectuar el estudio de las comparaciones en las reacciones, los momentos, el tipo de varillaje y el desplazamiento con la carga horizontal. Teniendo en cuenta la corrección en la estructura dinámica, Ya que el comportamiento de esta comparación de estructuras de concreto es un tema en el cual no se tienen muchas investigaciones ni datos reales que ayuden en la solución de problemas o prevención de estos. Así brindando los primeros pasos de una investigación que posee varias fases, con el fin que la universidad posea documentación ante este tema.

Por otra parte, la respuesta de una estructura sometida a un movimiento sísmico es un problema de gran importancia para los profesionales que se desempeñan en el campo de las estructuras. El dimensionamiento de una estructura para que resista el efecto del sismo máximo esperado es uno de los principales problemas de diseño desde el punto de vista en los pórticos. Por este motivo en la dinámica estructural permite describir este fenómeno, y por ello este trabajo de grado va a evaluar de forma aproximada el efecto del sismo sobre los 20 pórticos en concreto.

Al final se van a realizar los análisis de resultados teniendo en cuenta tablas estadísticas mostrando las comparaciones de los dos métodos, y conclusiones en base a las indicaciones de la norma, resultados del trabajo de grado y los requerimientos solicitados. De igual manera anexos de resultados en base al desarrollo de los pórticos.

ABSTRACT

This graduation work is a comparison between the static lineal method and the dynamic lineal analysis in basic structure. For a zone of intermediate seismic risks (zone 2 of the base of the mountains in the city of Bogotá). Using structural models this comparison is going to be done with the help of a software for this case called ETABS, program.

The last comparison is going to be done watching the performance of each one of that basic structure when they receive lateral forces and seismic movement through those studies we will find out the analysis with the contrast map. Moment graphic and the required steel the horizontal and vertical movement that involve the stability of the structure the results gotten from the proposed design.

Have to be adjusted to the NSR-10 norm requirements giving all details of the behavior of the basic structure. Likewise, a structure of 20-story 2D structures was selected to carry out the study of the comparisons in the reactions, the moments, the type of linkage and the displacement with the horizontal load. Taking into account the correction in the dynamic structure, since the behavior of this comparison of concrete structures is a subject in which there is not much research or real data to help in the solution of problems or prevention of them. So giving him a help to be able to be an investigation and in the Catholic University of Colombia

On the other hand, the response of a structure subjected to a seismic movement is a problem of great importance for the professionals who work in the field of structures. The dimensioning of a structure to resist the effect of the maximum expected earthquake is one of the main design problems from the point of view in the frames. For this reason in the structural dynamics allows to describe this phenomenon, so in this work of degree is going to assess approximately the effect of the earthquake on the 20 structures.

At the end, the analysis of results will be carried out taking into account statistical tables showing the comparisons of the two methods, and conclusions based on the indications of the standard, results of the work of degree, state of the art and the requested requirements. Similarly attachments of results that are given regarding the time of working the completion of the porticos.

INTRODUCCIÓN

La necesidad de los hombres de protegerse de la inclemencia del clima hizo que buscaran abrigo, y luego que lo fabricaran. El desarrollo de la civilización vino acompañado del progreso técnico en la construcción de las viviendas humanas. Un aspecto fundamental de las viviendas de los hombres es la capacidad que estas tengan para soportar los sismos de tierra. Parte de la evolución en el diseño y construcción de las viviendas de los seres humanos

También el desarrollo de la civilización ha significado una evolución en la manera como se levantan las edificaciones, principalmente en lo que corresponde a las estructuras sismo-resistentes, para contrarrestar la fuerza de la naturaleza.

El análisis sísmico de estructuras es una disciplina que se enmarca dentro del campo del Análisis Estructural y tiene como objetivo efectuar una apreciación de la respuesta de una estructura a la ocurrencia de un evento sísmico, considerando así, tanto las estructuras elásticas lineales, como las estructuras inelásticas, sometidas a una fuerza dinámica aplicada o a un movimiento del terreno inducido por un sismo.¹

Este trabajo se enmarca en este tipo de análisis sísmico, y se centra en el análisis el comportamiento de pórticos en concreto mediante la comparación del método elástico lineal y dinámico lineal obtenido, en un eventual movimiento sísmico como es ocurrido en la capital del país, debido a la alta peligrosidad sísmica en dicha ciudad. De modo que se plantea resolver sistemas de ecuaciones diferenciales lineales de segundo orden, existiendo mucha información que proponen diferentes métodos de las matemáticas aplicadas para obtener la solución. Entonces en esta comparación se verificará y se propone realizar un análisis estadístico precedente de los resultados del comportamiento de la estructura dinámica lineal. Donde se recopiló la información correspondiente a los

¹ JARAMILLO, Ricardo; RIVEROS, Carlos Eduardo. Análisis no lineal dinámico tridimensional de edificios en concreto reforzado sometidos a los registros del sismo de Quetame (2008). Trabajo de grado para optar al título de ingeniero civil. Pontificia Universidad Javeriana, Facultad Ingeniería Civil. Bogotá. Mayo 2011.

registros del sismo en Bogotá y la zona, se realizó después una capacitación teórica y una capacitación en el uso del software al realizar en el caso de ETABS usados a lo largo del trabajo para llegar a la implementación del modelo analítico computacional del cual se obtendrían resultados, los cuales se analizaron para llegar a diferentes respuestas y conclusiones. Además, permite aplicar los registros de aceleración. Una vez completado el programa en ETABS, se seleccionó una estructura de pórtico 20 pisos para efectuar el estudio de columnas y vigas deficientes. Y asimismo se dio un análisis, en distintas direcciones y fuerzas horizontales y análisis dinámico para el sismo.

1. GENERALIDADES.

1.1. ANTECEDENTES Y JUSTIFICACIÓN.

El incremento de la población en Bogotá demanda un uso eficiente del suelo y que las construcciones sean de más altura con el fin que haya más elementos habitables en menos área, lo que tiene como resultado edificaciones más densas, lo que conlleva la necesidad de generar nuevos sistemas estructurales, más factibles y eficientes.

Según Gallego M.², desde la elaboración del estudio de microzonificación en 1997, ha evolucionado en la amenaza sísmica de Bogotá, a fin en los conocimiento de los perfiles estratigráficos y las propiedades dinámicas de los suelos; en la norma de construcción sismo resistente NSR-10 propone clasificar las estructuras como regulares o irregulares para efectos de diseño, y cuando ésta es irregular se mejoran sus características sismo resistentes debido a las irregularidades en planta o en altura que se presenten.

Los eventos sísmicos tienen una gran incertidumbre debido a que no se puede tener una especie de predicción del momento en el cual pueda ocurrir dicho fenómeno ni de tener un estimativo de su magnitud o del lugar de epicentro. Actualmente los diseños se basan en espectros de diseño de la norma sismo resistente pero aun así es una improbabilidad que se presente ese caso, puede ser que ocurra uno mucho mayor y afecte la estructura, por tanto, se hace necesario analizar el daño estructural que sufren los elementos locales.

Los investigadores neozelandeses Priestley y Paulay Robert Park, Thomas Paulay. Robert Reitherman interviewer. Conecctions, the EERI Oral History Series. New Zealand Society for earthquake Engineering INC; definen la ductilidad como la propiedad singular más importante, buscada por el diseñador de edificaciones y que por medio de un análisis estático lineal es posible determinar las deformaciones bajo carga constante, y ya que diseñan únicamente bajo criterios de resistencia en rango elástico y no por un análisis por desplazamientos.

² GALLEGO, M. Acerca de la Construcción de Edificaciones, Esbeltas, Elevadas, Pesadas y Densamente Pobladas sobre Suelos Blandos de la Ciudad de Bogotá. 2007

Asimismo, el análisis dinámico permite estimar con cierto grado de certeza la respuesta de una estructura sometida a un conjunto de acciones externas variables en el tiempo (Clough & Penzien, 1995; Chopra, 2001; García, 1998; Wilson, 2002). El término respuesta representa cantidades como los desplazamientos, las velocidades o las aceleraciones de los nudos y de los puntos donde para facilitar el análisis se concentra la masa de la estructura o a las acciones internas inducidas en los elementos estructurales (Chopra, 2001). Las acciones dinámicas externas son causadas por equipos mecánicos, impacto, explosiones, viento, olas o movimientos sísmicos (García, 1998). En el caso de los sismos, las acciones dinámicas son acciones equivalentes que producen el mismo efecto sobre una estructura de base fija, puesto que el fenómeno real corresponde al movimiento acelerado de la base.

Para calcular la respuesta de una estructura en el rango elástico de deformaciones y con amortiguamiento clásico, sometida a una o varias componentes de aceleración de la base se utilizan los métodos de Análisis Dinámico Elástico. En la bibliografía se mencionan los Introducción © Francisco Leonardo Noy Hilarión – Universidad Nacional de Colombia, 2013 métodos de Análisis Modal Cronológico y de Análisis Modal Espectral (Clough & Penzien, Chopra, 2001; García, 1998; Paz, 1992). El primer método permite calcular la variación en el tiempo de la respuesta de la estructura mientras que el segundo método permite estimar el valor máximo probable de la respuesta de la estructura, pero no permite conocer los instantes en que se presentan las máximas respuestas y el sentido que estas poseen.

Por lo anterior, buscando la mayor eficiencia en el comportamiento de las estructuras se realizará la modelación por el método dinámico. Siguiendo este método, se estudia la vibración de una estructura cuando está sujeta a una fuerza lateral u horizontal, o a un movimiento sísmico en su base. Esto se puede hacer a través del estudio de un modelo, que es la runa matemática de la estructura real y que acoge las propiedades mismas. Específicamente para el estudio de las vibraciones de prueba recibe el nombre

de Oscilador pues la estructura al ser sometida a una fuerza lateral efectúa un movimiento oscilante a manera de un péndulo³.

1.2. PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.

1.2.1. Descripción del problema

Teniendo en cuenta que no se encuentra bases de datos de trabajos realizados con dinámica estructural en la Universidad Católica de Colombia y así mismo la falta de información a este tema, se genera la posibilidad de realizar una comparación entre el método elástico estático lineal y el análisis dinámico lineal, en pórticos de concreto 2d, con el fin de llegar al contraste de resultados, teniendo en cuenta que no se determinara el mejor método ya que cada edificación posee diferente composición con base a modelaciones en las aplicaciones estructurales existentes.

1.2.2. Formulación del problema

**¿CUÁL ES EL COMPORTAMIENTO GENERAL PARA PÓRTICOS EN CONCRETO
DISEÑADOS POR LA NSR-10 ANTE LAS CARGAS DINÁMICAS LINEALES?**

³ SANCHEZ, José A.; MAGNO, Carlo y GOMÉZ Roberto. Evaluación de criterios de diseño por torsión sísmica estática para edificios de varios pisos. *Revista de Ingeniería Sísmica*. 2004, núm. 71, (julio-diciembre, 2004). Sociedad Mexicana de Ingeniería Sísmica Distrito Federal, México. ISSN: 0185-092X

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. Objetivo general

Contrastar el desempeño de una estructura a porticadas en concreto reforzado por el método elástico estático lineal y el análisis dinámico lineal utilizando modelos estructurales con ayuda de softwares especializados.

1.3.2. Objetivos específicos

- Diseñar los pórticos en concreto de ambos métodos para la verificación del proceso.
- Analizar los pórticos en concreto según el método elástico estático lineal.
- Estudiar los pórticos en concreto según el análisis dinámico lineal.
- Realizar una comparación entre el método elástico lineal y el dinámico lineal que permita hacer un reconocimiento sobre la estabilidad de cada método.
- Elaborar los modelos estructurales en ETABS, validándolo con una comprobación analítica.
- Ejecutar un análisis estadístico de los resultados obtenidos del comportamiento de la estructura dinámica lineal.

1.4. ALCANCES Y LIMITACIONES.

1.4.1. Que se va a hacer y hasta donde se puede llegar.

Se realizará un análisis elástico estático lineal en pórticos de concreto en la ciudad de Bogotá. D.C. y asimismo un análisis dinámico lineal. Después se realizará una comparación entre los resultados obtenidos entre estos dos métodos por medio de un análisis estadístico de las medidas aritméticas para obtener un máximo de 20 pórticos de cada método. Los cuales se analizará una modelación en herramientas sistemáticas como lo es el caso de ETABS teniendo en cuenta que se realizarán pórticos de mayor estabilidad y simetría y la variación de datos entre estos pórticos será la distancia entre luces y las alturas de los pisos.

Se buscará la mayor estabilidad de las estructuras ante cualquier eventualidad sísmica, así como los movimientos internos y externos de esta. Antes que nada, se llegara a tomar la mejor elección respecto a la respuesta que esos sistemas den ante la eventualidad del sismo; será más eficiente el espectro que se deforme menos, el que el esfuerzo admisible sea menor y el que las cargas actuantes sean mayores y tengan una respuesta. Asimismo, se desarrollará el análisis del espectro de diseño para la ciudad de Bogotá la cual está ubicada en una zona de muy alta complejidad tectónica que generando una alta actividad sísmica y volcánica que se ha evidenciado por la ocurrencia de sismos destructores y tsunamis. La ubicación geográfica, en Bogotá según el especialista en seguridad antisísmica y contra terremotos, el ingeniero Jorge Salazar, “existe una proyección de un sismo de fricción horizontal, como el de Haití, en Colombia, lo que lo hace más vulnerable, no solo porque está localizada en una región donde hay placas que se están acomodando, sino “porque los Andes son parte de las formaciones más recientes del planeta, lo que hace que nuestra geografía presente fallas geológicas”.

Hasta encontrar el método más eficiente ante la eventualidad de un sismo. Incluso comparar los desplazamientos obtenidos para todas las direcciones de la demanda estudiados con el parámetro de desplazamiento. Para estudiar nuevos análisis estructurales que se pueda tener en cuenta para hallar el rango inelástico de las estructuras para que así de una imagen más realista del comportamiento de los pórticos bajo efectos sísmicos, cuando se asume que se excede el rango elástico **y** tener en cuenta la incertidumbre de la dirección de la demanda por medio de un análisis de la dirección de entrada del terremoto. Hay que destacar el mismo terremoto, en función del ángulo de entrada para que así el daño sísmico esperado sea un cambio considerablemente.

Finalmente se analizará un análisis estadístico de los resultados del comportamiento de la estructura dinámica lineal Incluso llegar a que ambos métodos presentan semejanza en los valores del desplazamiento de fluencia, de la resistencia última de los pórticos y de la rigidez inicial, de forma que los resultados obtenidos mediante análisis estático y dinámico son consistentes, reflejando de manera adecuada el comportamiento de los

pórticos que se van a estudiar. Cabe aclarar que además de estas metodologías de los dos análisis existen otras que junto a unos resultados que se van a hallar pueden proporcionar resultados más concretos para este tipo de pórticos en concreto.

1.4.2. Qué no se va a hacer y que se necesita.

Primero no se van a realizar análisis por el método no lineal. Ni se va a realizar el espectro de diseño para todos los sismos del país. Tampoco se realizará un conteo de cantidades de materiales, ni se verificará las relaciones volumétricas para la fabricación de los materiales. Sobre todo, no se realizará demás variaciones que no sea distancia entre luz y altura de piso ni lo análisis aritméticos por normalización de resultados. En efecto no se van a hacer:

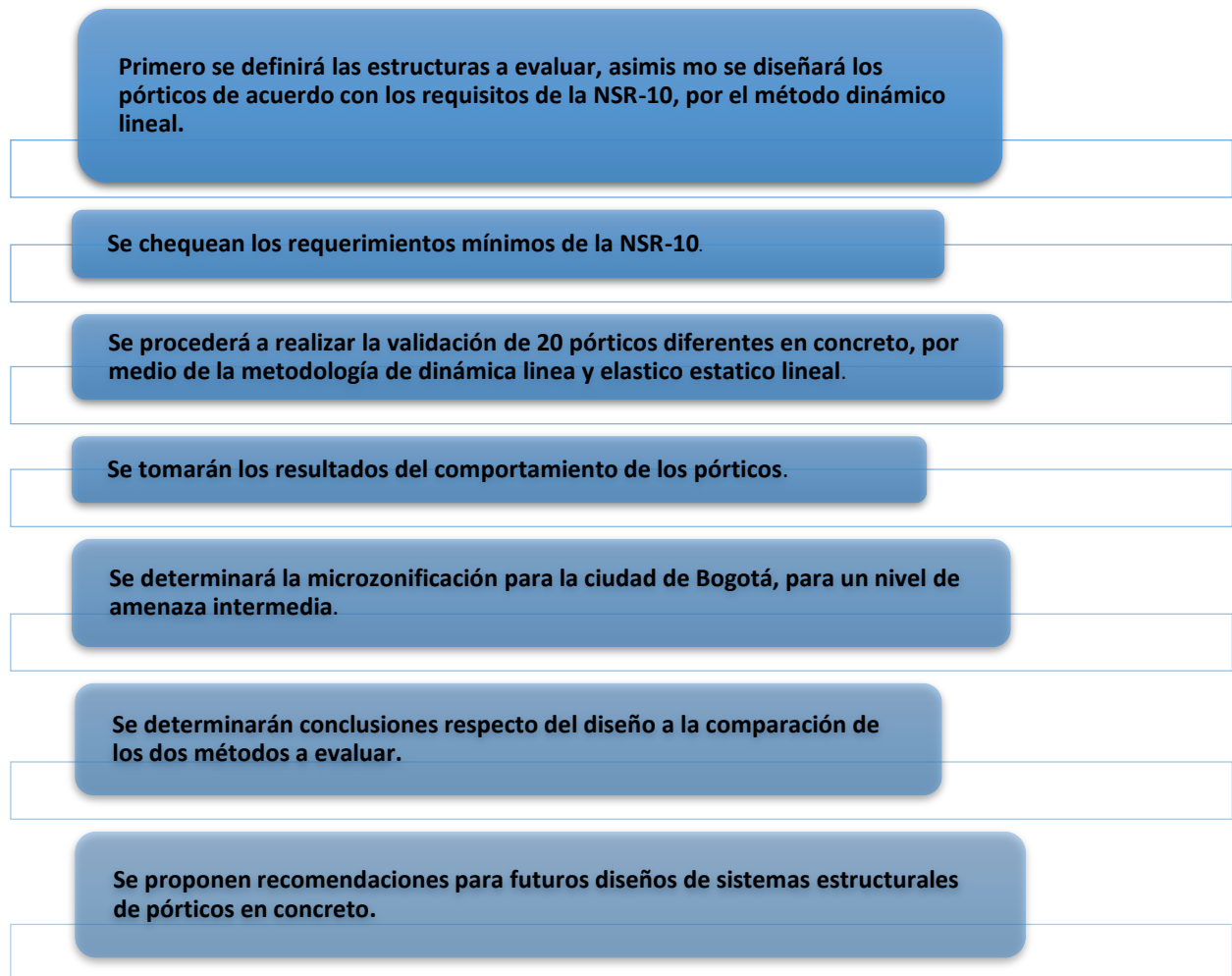
- determinaciones de error.
- pruebas de ensayo respecto a la resistencia
- a evaluar más de un sismo.
- variar la actividad sísmica debido a que solo realizara el espectro de diseño con un sismo.
- realizará pórticos en acero.

Se necesita identificar el tipo de sismo a utilizar una buena estructuración de edificios irregulares debe incluir un buen análisis de la demanda real de resistencia para evitar daños excesivos y, mucho más.

El colapso de la estructura., bajo que normas colombianas se va a regir el proyecto ya que En el Reglamento colombiano la NSR-10, los cuales clasifican las irregularidades de un sistema estructural en planta y en altura. Aquellas en planta se dan por torsión de la estructura sobre el eje vertical, retrocesos excesivos en esquinas, discontinuidades en el diafragma o variaciones en la rigidez, desplazamientos del plano de acción de elementos verticales y sistemas no paralelos en el intento de sostener un edificio irregular con un sistema estructural convencional, se requiere de un análisis muy exhaustivo y cuidadoso en cuanto a la entrega de cargas y detalles constructivos, convirtiéndolo en un proceso difícil del lapso de tiempo.

Actualmente, los códigos incrementan la resistencia total de la estructura para tener en cuenta la respuesta dinámica basados en suposiciones bajo métodos lineales y elásticos, sin que esto signifique una total efectividad

1.5. METODOLOGÍA



2. MARCO REFERECIAL

2.1. MARCO CONCEPTUAL.

2.1.1. Pórticos: Los pórticos son un conjunto de elementos estructurales unidos en sus extremos mediante juntas rígidas o pernos, cumpliendo que los ejes de las vigas no están alineados. El sistema estructural de pórticos permite una gran libertad en los espacios, ya que las columnas están aisladas en sentido longitudinal. Los pórticos funcionan como estructuras en tercera dimensión, sin embargo, los pórticos a trabajar se realizarán en 2d.

2.1.2. Dinámica estructural: El estudio de la dinámica estructural se inicia con estructuras simples, entender las vibraciones de estas estructuras cuando se les aplica una fuerza lateral en la parte superior o un movimiento horizontal del terreno debido a un sismo. Pueden idealizarse como una masa concentrada o agrupada soportada por una estructura sin masa con rigidez en la dirección lateral. No obstante, para el procedimiento del análisis lineal requiere de varios elementos importantes: amortiguamiento, amortiguamiento viscoso, diseño, fuerza, deformación, desplazamiento, Análisis lineal, estructura, sismo resistente, espectro aceleración, NSR-10, modos de vibración, participantes de masa, acelero-grama y peso propio.

2.1.3. Amortiguamiento: es la capacidad de un sistema para disipar energía. Ya que es un parámetro fundamental en el campo de las Vibraciones.

2.1.4. Amortiguamientos viscosos: Amortiguamiento que se produce cuando un edificio está sometido a una deformación elástica como el que es debido a la resistencia viscosa de un fluido como el aire.⁴

⁴ Diccionario de Arquitectura y Construcción (Definiciones y traducciones). Disponible en: <http://www.parro.com.ar/definicion-de-amortiguamiento+viscoso>. Fecha de consulta: 10 de septiembre de 2018.

- 2.1.5. Diseño:** este diseño de respuesta es una importante herramienta de la dinámica estructural, de gran ventaja en el área del diseño sismo resistente. Ya que podemos definir diseño como un gráfico de la respuesta máxima “expresada en términos de desplazamiento, velocidad, aceleración, o cualquier otro parámetro de interés” ⁵ que produce una acción dinámica determinada en una estructura u oscilador de un grado de libertad.
- 2.1.6. Fuerza:** El sentido es el lugar hacia donde se dirige el esfuerzo, si éste es suficiente, el cuerpo se mueve. En toda dirección hay 2 sentidos opuestos. La intensidad es el valor de la fuerza que actúa.
- 2.1.7. Deformación:** se entiende el cambio de forma que experimenta un cuerpo al aplicarle una fuerza adecuada. Toda fuerza aplicada a un cuerpo produce deformaciones. A veces son tan pequeñas que no se aprecian. Cuando se aprecian decimos que el cuerpo es deformable.
- 2.1.8. Análisis lineal:** Es el basado en un comportamiento elástico-lineal de los materiales constituyentes y en la consideración del equilibrio en la estructura sin deformar.
- 2.1.9. Estructura:** es el sistema de construcción más difundido en el país. que basa su éxito en la solidez, la nobleza y la durabilidad lo que consiste en vigas y columnas conectadas a través de nudos.
- 2.1.10. Sismo resistente:** la que diseña y construye con una apropiada configuración estructural, con unidades de dimensiones apropiadas y materiales para soportar la acción de las fuerzas causadas por sismos frecuentes

⁵ CRISAFULLI, Francisco.; VILLAFANE, Elbio. Guía de estudio: Espectros de respuesta y diseño. Ingeniería Sismorresistente. Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional de Cuyo. Mayo 2002.

- 2.1.11. Espectro aceleración:** es la aceleración de la vibración a la que se somete la base, ya que mide la reacción de una estructura ante la vibración del suelo que la soporta
- 2.1.12. NSR-10:** Dentro de los cuatro sistemas estructurales de resistencia sísmica para edificaciones de concreto describe el sistema de pórtico, el cual como su nombre lo indica está compuesto por un pórtico espacial a momentos, esencialmente completo, sin diagonales, que resiste todas las cargas verticales y fuerzas horizontales.⁶
- 2.1.13. Modos de vibración:** lo que hace entrar en resonancia alcanzando los máximos valores de deformación. Y así mismo es la que depende de la respuesta dinámica de una edificación durante un sismo.
- 2.1.14. Participantes de masa:** es el tiempo, más grande que puede ocurrir en una estructura, para que ésta vibre.
- 2.1.15. Acelero-grama:** es una representación temporal de la aceleración que experimenta el suelo en un determinado punto durante un terremoto.⁷
- 2.1.16. Peso propio:** es una Carga producida por la gravedad en la masa de cualquier elemento constructivo.

⁶ SILVA, Omar. COPYRIGHT CONCRETO - 360 GRADOS -BLOG EN CONCRETO 2018 | TÉRMINOS Y CONDICIONES (Ingeniero Civil) octubre 16.

⁷ ESTRUCTURAS Conceptos – Apuntes – Divulgación... avanzada. Disponible en: <<https://seismic06g.wordpress.com/2012/11/03/acelerogramas1/>>. Fecha de consulta: 9 de septiembre de 2018.

2.2. MARCO LEGAL.

Tener en cuenta la NSR-10 que se basa en el método lineal estático para el desarrollo de proyecto investigativo ya que cuenta con algunos requisitos. La ATC-40 que determina el comportamiento de las estructuras cuando están sujetas a eventos que puedan exceder su capacidad elástica. No obstante, también se calculara el desplazamiento de demanda según la FEMA 354 a través del método de desplazamiento y la ASCE/SEI 41-13 describe los procedimientos de diseño para evaluar y remodelar edificios existentes para soportar los efectos de los sismo y la ASCE/SEI 318 ASC 2010.

2.3. MARCO TEÓRICO.

2.3.1. Sistemas estructurales

Se reconocen cuatro tipos generales de sistemas estructurales, los que están subdivididos según los elementos verticales utilizados para resistir las fuerzas sísmicas y el grado de capacidad de disipación de energía del material empleado: los sistemas estructurales propuestos por la norma colombiana sismo resistente son los siguientes:

- 2.3.1.1. Sistema combinado:** es un sistema estructural donde las cargas verticales son resistidas por un pórtico no resistente a momento esencialmente completo, y las fuerzas horizontales son resistidas por muros estructurales o pórticos con diagonales o las cargas verticales y horizontales son resistidas por un pórtico resistente a momentos esencialmente completo, combinado con muros estructurales o pórticos con diagonales.
- 2.3.1.2. Sistema de pórtico:** es un sistema estructural compuesto por un pórtico espacial, resistente a momentos, esencialmente completo, sin diagonales, que resiste todas las cargas tanto verticales como horizontales o
- 2.3.1.3. Sistema dual:** es un sistema estructural que tiene un pórtico espacial resistente a momentos sin diagonales, combinado con muros estructurales o pórticos con diagonales, para que el

sistema estructural se pueda clasificar como sistema dual se deben cumplir las siguientes condiciones:

Pórtico espacial resistente a momentos, sin diagonales esencialmente completo debe ser capaz de soportar las cargas verticales.

Las fuerzas horizontales son resistidas por la combinación de muros estructurales o pórtico resistente a momentos, el cual puede ser un pórtico de capacidad especial de disipación, cuando se trata de concreto reforzado o acero estructural al igual que con capacidad moderada y mínima de disipación, el pórtico resistente a momentos actuando independientemente, debe diseñarse para que sea capaz de resistir como mínimo el 25 por ciento (25%) del cortante sísmico en la base.

Los dos sistemas deben diseñarse de tal manera que en conjunto sean capaces de resistir la totalidad del cortante

2.3.2. Métodos de análisis

Los métodos reconocidos por la norma sismo resistente de Colombia son:

- Método de la fuerza horizontal equivalente
- Método de análisis dinámico elástico
- Método de análisis dinámico inelástico
- Método de análisis alternos, los cuales deben tener en cuenta las características dinámicas de la edificación, el comportamiento inelástico de los materiales, y deben ser de aceptación general en la ingeniería

2.3.2.1. Método de la fuerza horizontal equivalente: Este método se le puede practicar a las edificaciones que tengan presentes las siguientes indicaciones:

- Todas las edificaciones, regulares e irregulares, en las zonas de amenaza sísmica baja
- Todas las edificaciones, regulares e irregulares, pertenecen al grupo de uso I localizadas en zonas de amenaza sísmica intermedia

- Edificaciones regulares, de 20 niveles o menos y de 60m de altura o menos medidos desde la base, en cualquier zona de amenaza sísmica, exceptuando edificaciones localizadas en lugares que tengan un perfil de suelo tipo D, E o F con periodos de vibración mayores de
- Edificaciones irregulares que no tengan más de 6 niveles ni más de 18 m de altura medidos a partir de la base
- Estructuras flexibles apoyadas sobre estructuras más rígidas.

El Reglamento colombiano de construcción sismo resistente (NSR-10), en su sección A.3.4.2.1, exige que el método de fuerza horizontal equivalente se debe utilizar en las edificaciones que cumplan las siguientes características:

Límites de aplicación para este método

- Todas las edificaciones, regulares e irregulares, en la zona de amenaza sísmica baja.
- Todas las edificaciones, regulares e irregulares, pertenecientes al grupo de uso I, localizadas en zona de amenaza sísmica intermedia.
- Edificios regulares, de veinte niveles o menos, y 60 m de altura, o menos, medidos desde la base, en cualquier zona de amenaza sísmica, excepto las edificaciones localizadas en lugares que tengan un perfil de tipo D, E o F con periodo de vibración mayor de $2T_c$.
- Edificaciones irregulares que no tengan más de 6 niveles o 18 m de altura medidos desde la base.
- Estructuras flexibles apoyadas sobre estructuras más rígidas que cumplan los requisitos de la NSR-10 sec. A.3.4.2.3.

2.3.2.2. Método del análisis dinámico elástico: El método del análisis dinámico elástico debe utilizarse en todas las edificaciones que no estén cubiertas por el método de la fuerza horizontal equivalente, incluyendo las siguientes Edificaciones de más de 20 niveles o de más de 60 m de altura, exceptuando

las edificaciones mencionadas en el método de la fuerza horizontal equivalente:

- Edificaciones que tengan irregularidades verticales
- Edificaciones de más de 5 niveles o más de 20 m de altura, localizadas en zonas de amenaza sísmica alta, que no tengan el mismo sistema estructural en toda su altura.
- Estructuras, regulares o irregulares, localizadas en sitios que tenga un perfil de suelo D, E o F y que tengan un periodo mayor en este caso el análisis debe incluir los efectos de interacción suelo-estructura.

2.3.2.3. Método del análisis dinámico inelástico: Este método puede utilizarse en aquellos casos que a juicio del ingeniero diseñador, se presenten variaciones en la capacidad de disipación de energía en el rango inelástico que solo sea posible identificar por este procedimiento, cuando se utilice por esta metodología deben revisarse por dos profesionales, independientes del diseñador estructural, que cumplan los requisitos de idoneidad requeridos para revisores de diseños estructurales como lo prescribe la Ley 400 de 1997,

2.3.3. Análisis estructural

Para el diseño los pórticos en concreto se seguirá la normatividad vigente propuesta en el Reglamento Colombiano de construcción Sismo Resistente NSR-10, siguiendo el procedimiento como lo estipula en el título b, capítulo B-4, cargas vivas, efectos dinámicos donde nos dice que:

Las edificaciones expuestas a excitaciones dinámicas producidas por el público tales como:

- Estadios
- Coliseos
- Teatros
- Gimnasios

- Pistas de baile
- Centros de reuniones o similares

Deben ser diseñados de tal manera que tengan frecuencias naturales verticales iguales o superiores a 5 Hz (periodos naturales verticales menores de 0.2s). Asimismo, las normativas y códigos de sistemas lineales en estructuras tienen como objetivo fundamental que estas sean capaces de resistir terremotos de baja intensidad sin sufrir daños considerables, sismos moderados con daños factibles de reparar y seísmos de gran intensidad que no provoquen el colapso. Sin embargo, el solo considerar la prevención de colapso ante grandes eventos sísmicos no se traduce siempre como un comportamiento adecuado para las edificaciones. En la historia se han registrado sismos (Northridge-EUA, 1994), donde a pesar de que muchas estructuras diseñadas sísmicamente no colapsaron, las pérdidas económicas fueron de gran nivel producto a que no se estableció una definición clara de los objetivos de comportamiento de las edificaciones frente a sismos de variada intensidad.

Desde el punto de vista dinámico, los grados de libertad que interesan son aquéllos en los que se consideran fuerzas generalizadas de inercia; es decir, fuerzas iguales a masa por aceleración. Por ejemplo, en la figura se muestra un marco plano con los 12 grados de libertad (lineales y angulares); sin embargo, para reducir el número de grados de libertad se considera que las fuerzas de inercia importantes son las que generan las masas m_1 y m_2 al moverse lateralmente; entonces en dinámica se habla de un sistema reducido de 2 grados de libertad, que son los desplazamientos laterales 1 y 2. (Bazán y Meli, et. al 1983).

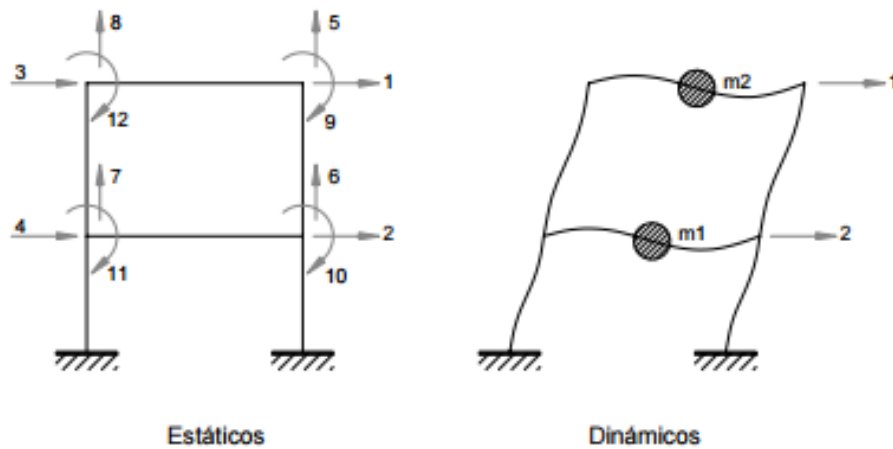


Figura 1 Grados de libertad

2.3.4. Respuesta sísmica de sistemas lineales:

De las aplicaciones de la teoría de la dinámica estructural una de las más importantes es el análisis de la respuesta de las estructuras a los movimientos del terreno causados por un sismo.

Los sistemas lineales son sistemas elásticos y son llamados también sistemas elásticos-lineales para enfatizar ambas propiedades. Debido a que los sismos pueden causar daño a muchas estructuras, también tiene interés en la respuesta de los sistemas que han fluido o inelásticos.

2.3.4.1. Aspectos básicos. Análisis lineal: “El análisis lineal ocupa la relación entre cargas y desplazamientos resultantes es lineal lo cual se cumple el principio de superposición: si se duplica la magnitud de la carga se obtiene el doble de respuesta del modelo. Basado en la hipótesis de comportamiento elástico-lineal de los materiales constituyentes y en la consideración del equilibrio o en la estructura sin deformar

2.3.4.2. Conceptos de dinámica estructural: El carácter dinámico

de una acción se refiere a la rapidez de su variación en el tiempo, y a que la misma de origen a fuerzas de inercia comparables en magnitud con las fuerzas estáticas. Algunas fuentes de vibración estructural son:

- Los sismos
- El viento
- Las corrientes de agua
- Las explosiones y los impactos
- Las cargas móviles (personas)

El estudio de las vibraciones de prueba recibe el nombre de Oscilador, ya que la estructura, al ser sometida a una fuerza lateral, realiza un movimiento oscilante semejante al de un péndulo. El análisis dinámico tiene su fundamento en la segunda ley de Newton “La fuerza que actúa sobre un cuerpo y causa su movimiento es igual a la tasa de cambio del momentum del cuerpo”. Dado que el momentum es igual a la masa del cuerpo por la velocidad, y considerando la masa como constante, se desarrolla la expresión que rige el comportamiento. El concepto central de la dinámica es que la sumatoria de las fuerzas actuantes es igual a la masa por la aceleración. Este concepto encierra el desarrollo de la dinámica estructural, complementándose con la primera y tercera ley de Newton para lograrlo Respuesta dinámica es cualquier magnitud que pueda caracterizar el efecto de una carga dinámica sobre la estructura.

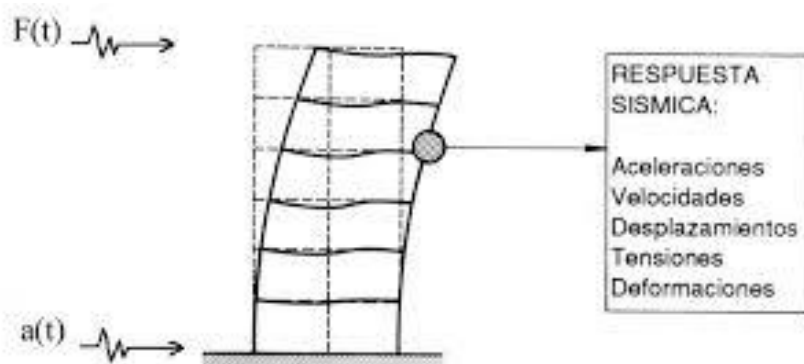


Figura 2. Espectro de Respuesta Dinámica

Fuente: ANÁLISIS “PUSH-OVER” DE EDIFICIOS CON PÓRTICOS DE ACERO EN BOGOTÁ *definición de la respuesta dinámica: para un punto considerado se calculan como la deformación, aceleración, tensión y entre otros.*

- **Aplicación de la dinámica al análisis sísmico de estructuras**

La respuesta de una estructura plana o espacial sometida a una o varias componentes de aceleración de la base, iguales en todos los apoyos. La idealización analítica de la estructura (Spinel, 1993) consiste en un conjunto de cuerpos rígidos denominados diafragmas, vinculados a la estructura a través de los nudos. Los elementos estructurales son flexibles y experimentan comportamiento elástico o inelástico dependiendo si se considera o no la presencia de rótulas plásticas.

Posteriormente se describe la forma en que se idealiza la distribución de la masa y la rigidez de la estructura, y se indican los grados de libertad y las componentes de aceleración de la base que se consideran en el análisis dinámico. En cuanto a la idealización matemática (Spinel, 1993) se describe la forma como se plantea la Ecuación de Movimiento, también conocida como Ecuación de Equilibrio Dinámico, considerando las fuerzas y momentos que actúan en cada diafragma rígido y las componentes de aceleración de la base. Finalmente se mencionan los métodos de análisis dinámico que permiten la solución de la ecuación de movimiento para los casos lineal y no lineal. Estos métodos se describen con mayor detalle en los capítulos posteriores.

- **Ensayos experimentales en análisis de dinámica de estructuras:** Estos ensayos experimentales son esenciales en la caracterización del comportamiento dinámico de las estructuras de ingeniería civil: permiten evaluar las estructuras y comparar dos soluciones obtenidas mediante:

- Cálculo analítico de las propiedades dinámicas de las estructuras considerando las condiciones iniciales que se han tenido en cuenta en su diseño.
- Determinación experimental, a través de ensayos no destructivos, de las mismas propiedades que se encontraron en el cálculo analítico. Para el caso de sistemas de varios grados de libertad específicamente para el análisis experimental de un pórtico de cortante se puede caracterizar la instrumentación de actuación de carga y los instrumentos de medición de respuesta estructural.

2.3.4.3. Conceptos de elástica lineal estructural: Estudia el equilibrio y la deformación locales en los cuerpos deformables en dicho punto al someter al sólido a un sistema cualquiera de cargas. Si el sólido recupera su forma inicial cuando se detiene la aplicación de las cargas, del material se dice que tiene un comportamiento elástico. Si sumado a eso, la relación entre tensiones y deformaciones es lineal, se dice que el material tiene un comportamiento elástico y lineal. Esto ya que en los cuerpos, las tensiones y las deformaciones en cada punto no son independientes, sino que (al menos en condiciones isotermas) una siempre acompaña a la otra.

2.3.5. análisis sísmico de sistemas lineales

El análisis sísmico de estructural, idealizado como sistemas con masa concentrada. Se presenta en primer lugar para una configuración estructural arbitraria y se especifica para edificios de varios niveles con planta simétrica, y para edificios de varios niveles

con plantas asimétricas. La combinación de las respuestas estructurales determinadas a partir de este tipo de análisis independiente para cada componente de excitación proporciona la respuesta de los sistemas lineales a una excitación con varios componentes.

2.3.5.1. Análisis de la historia de la respuesta

- **Análisis modal:** Se desarrolla el procedimiento del análisis modal para determinar la respuesta de una estructura a un movimiento del terreno inducido por un sismo, idéntico en todos los puntos de apoyo estructural.
- **Idealización estructural y respuesta de los sismos:** Las técnicas de control de respuesta sísmica se pueden clasificar según la forma como el sistema maneja la energía impuesta por el sismo, su absorción y disipación. Se conocen como sistemas de disipación de energía aquellos que aportan al término E_p en el balance de energía y se conocen como sistemas aisladores los que se enfocan a disminuir la energía de entrada al sistema estructural, término E_i . Con el fin de estudiar la respuesta de la estructura ante la imposición de cargas se utiliza un modelo matemático basado en la mecánica newtoniana. Toda estructura responde dinámicamente ante la acción de cargas o deformaciones, generando fuerzas inerciales iguales a su masa por la aceleración (segunda ley de Newton, ecuación dinámica de equilibrio). Para cargas o deformaciones aplicadas de una manera lenta, que es el caso de cargas muertas y vivas no dinámicas, las fuerzas inerciales pueden despreciarse, lo que hace posible un análisis estático de la estructura. Esta simplificación no es válida cuando la estructura se somete a cargas dinámicas o deformaciones rápidas como las causadas por viento, sismo, y vivas,

dinámicas o con impacto, casos en los cuales las fuerzas inerciales no son despreciables y se hace necesario un análisis dinámico.

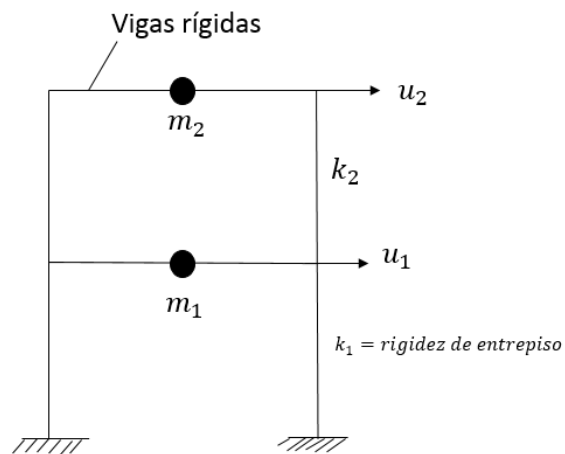


Figura 3. Tomado de la Figura 12.1.1 sistema de dos grados de libertad Chopra 2014⁸
Donde las ecuaciones están acopladas a través de la matriz de rigidez.

2.3.5.1.1. Análisis modal: El análisis modal es una técnica de análisis dinámico de estructuras. Tiene como objetivo la estimación de propiedades dinámicas como las frecuencias y los modos naturales al igual que el amortiguamiento. El análisis modal puede ser teórico o experimental. El teórico se basa en técnicas analíticas o simulaciones. El experimental se basa en ensayos y tiene 4 pasos fundamentales: Excitación de la estructura; medición mediante acelerómetros; tratamiento digital y análisis de las señales y aplicación de modelos.

⁸ Ibíd. P. 468

3. DISEÑO DE PÓRTICO EN CONCRETO

Según en el capítulo C.21 de la NSR-10, en el numeral C.21.1.4.2. Para un diseño a flexión, la resistencia nominal de la sección transversal (M_n) se debe reducir el factor de resistencia Φ a fin de obtener la resistencia de diseño (ΦM_n) de la sección. La resistencia de diseño (ΦM_n) debe ser mayor o igual que la resistencia requerida (M_u). La cual no debe ser menor a 21 Mpa ni mayor 28 Mpa. Para la resistencia a la fluencia se recomienda trabajar con un valor de 420 Mpa.

$$F'_c = 28 \text{ MPa}$$

$$F = 420 \text{ MPa}$$

3.1. CARGAS MUERTAS

Tabla 1. Valores mínimos alternativos de carga muerta de elementos no estructurales cuando no se efectúe un análisis más detallado.

Ocupación		Fachada y particiones (kN/m ²) m ² de área en planta	Afinado de piso y cubierta (kN/m ²) m ² de área en planta	Fachada y particiones (kgf/m ²) m ² de área en planta	Afinado de piso y cubierta (kgf/m ²) m ² de área en planta
Oficinas	Particiones móviles de altura total	1.0	1.8	100	180
	Particiones fijas de mampostería	2.0	1.8	200	180

FUENTE: Reglamento Colombiano De Construcción Sismo Resistente NSR-10. Título B, capítulo B-3.

Seleccionando de ocupación oficinas Según la tabla 1, para particiones fijas de mampostería, se recomienda fachada y particiones ($\frac{Kn}{m^2}$) m² de área en planta para una carga muerta de 2.0 ($\frac{Kn}{m^2}$)

- Carga Muerta

$$D = 2.0 \text{ KN/m}^2 * \text{Luz de la viga}$$

$$D = 2.0 \text{ KN/m}^2 * 6.0m$$

$$D = 12$$

$$KN/m$$

3.2. CARGAS VIVAS

Tabla 2. Cargas vivas mínimas uniformemente distribuidas.

Ocupación o uso		Carga uniforme (kN/m^2) m^2 de área en planta	Carga uniforme (kgf/m^2) m^2 de área en planta
Oficinas	Corredores y escaleras	3.0	300
	Oficinas	2.0	200
	Restaurantes	5.0	500

Fuente: Reglamento Colombiano De Construcción Sismo Resistente NSR- 10 título B, capítulo B-4.

Según la Tabla 2, eligiendo una ocupación o uso oficinas para oficinas la carga uniforme ($\frac{Kn}{m^2}$) m^2 de área en planta, para una carga viva recomendada es de 2.0 ($\frac{Kn}{m^2}$)

- Carga Vivas

$$I = 2.0 \text{ KN/m}^2 * \text{Luz de la viga}$$

$$I = 2.0 \text{ KN/m}^2 * 6m$$

$$I = 12$$

$$KN/m$$

3.3. DISEÑO A FLEXIÓN

No obstante se procede a calcular el coeficiente de carga (U)

3.3.1. Para la carga muerta

$$u = 1.4 * D$$

$$u = 1.4 * 12KN/m$$

$$u = 16,8KN/m$$

3.3.2. Para la carga viva

$$Pu = 1,2(D) + 1,6(l)$$

$$Pu = 1,2(12) + 1,6(12)$$

$$Pu = 33,6 \frac{Kn}{m}$$

3.3.3. Carga total (WTotal)

$$Wtotal = D + L$$

$$Wtotal = 12 \frac{Kn}{m} + 12 \frac{Kn}{m}$$

$$Wtotal = 24 \frac{Kn}{m}$$

3.3.4. U ponderado.

$$U \text{ ponderado} = \frac{Pu}{Wtotal}$$

$$U \text{ ponderado} = \frac{33,6 \frac{Kn}{m}}{24 \frac{Kn}{m}} = 1,4$$

Nota: para hallar la cuantía de diseño ($\rho_{diseño}$) tenemos que saber m , la profundidad del eje neutro y la altura efectiva de la sección. Por recomendación el número de barras de estribo que debe tener es de #3 según la NSR -10

3.3.5. Ecuación m .

$$m = \frac{f_y}{0,85 * f'_c}$$

$$m = \frac{420Mpa}{0,85 * 28Kn/m}$$

$$m = 17,647$$

La Altura efectiva de la sección es la distancia de la fibra comprimida al centro de gravedad de las áreas de refuerzo de tracción en secciones sometidas a flexión.

Profundidad eje neutro, que es la constante que multiplica por la altura efectiva equivalente a la profundidad del eje neutro.

$$k = \frac{Mu}{b * d^2}$$

$$k = \frac{151,2Kn * m}{0,30m * 0,260^2}$$

$$k = 7455,62Kpa$$

Asimismo, podemos hallar la cuantía de diseño que es la cantidad de acero que debe usarse y se obtiene de acuerdo con el diseño de la estructura a medida que los esfuerzos a cortante y a flexión se aumenten sobre el elemento trabajado.

$$\rho_{diseño} = \frac{1}{m} \left(1 - \left(1 - \frac{2 * m * k}{\Phi * f_y} \right)^{\frac{1}{2}} \right)$$

$$\rho_{diseño} = \frac{1}{17,647} \left(1 - \left(1 - \frac{2 * 17,647 * 7455,62 * 10^3}{0,9 * 420 * 10^6} \right)^{\frac{1}{2}} \right)$$

$$\rho_{diseño} = 0,02542$$

Cuantía Mínima (ρ_{min}) es el acero mínimo que se debe usar.

3.3.6. Cuantía mínima

$$\rho_{min} = \frac{\sqrt{f'_c}}{4 * f_y}$$

$$\rho_{min} = \frac{\sqrt{28 Mpa}}{4 * 420 Mpa}$$

$$\rho_{min} = 3,14967 * 10^{-3} \approx 0,00314$$

Probando así otra fórmula para hallar la cuantía mínima.

- Cuantía mínima

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{f_y}$$

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{420 Mpa}$$

$$\rho_{min} = 3,3333 * 10^{-3} \approx \boxed{0,00333333}$$

Nota: como se tiene dos valores de cuantía mínima la norma NSR-10 dice que se debe escoger el mayor resultado ya que es la cantidad mínima de acero.

3.4. DISEÑO VIGA RECTANGULAR A CORTANTE

3.4.1. Resistencia al cortante

El diseño de todas las vigas rectangulares a cortante se tiene que basar en la siguiente ecuación:

$$V_n = V_c + V_s$$

Donde V_c es la resistencia nominal al cortante proporcionada por el concreto, V_s es la resistencia fuerza a cortante que resiste el acero de refuerzo.

Teniendo en cuenta que: $V_u = \phi V_n = \phi V_c + \phi V_s$

Y que: $\phi V_s = V_u - \phi V_c$

Se proporcionará un refuerzo a cortante cuando V_u sea superior a la resistencia al cortante de diseño del concreto. El coeficiente de reducción ϕ se tomará igual a 0.75.

3.4.2. Diseño viga rectangular a cortante

Anteriormente se obtuvo una carga última (W_u), una altura efectiva de la sección (d) y un ancho del elemento.

$$W_u = 28 \text{ KN/m}$$

$$d = 0.260 \text{ m}$$

$$b_w = 0.4 \text{ m}$$

El cortante en la viga se calcula dividiendo la luz de la viga sobre dos por la carga última.

$$V = (5.0 \text{ m}^2/2) * 28 \text{ KN/m} = 70 \text{ KN}$$

3.4.3. Materiales.

$$F'c = 28 \text{ MPa}$$

$$Fy = 420 \text{ Mpa}$$

Corte en una sección a la distancia “d” de la cara del apoyo.

$$X = d + (Apoyo^2 / 2)$$

$$X = 0.260 \text{ m} + (0.5 \text{ m}^2 / 2) = 0.51 \text{ m}$$

$$Vu = V - (x * Wu)$$

$$Vu = 70 \text{ KN} - (0.51 \text{ m} * 28 \text{ KN/m})$$

$$Vu = 55.72 \text{ KN}$$

3.5. DISEÑO A CORTANTE

$$Vu = 55.72 \text{ KN}$$

Después de obtener el cortante último, se calcula el cortante de diseño por medio de la siguiente ecuación.

$$Vn = Vu \phi$$

Para vigas a cortante y torsión, se aplica un coeficiente de reducción de 0.75 según la norma sismo resistente NSR – 10.

$$\phi = 0.75 \text{ (Cortante y torsión)}$$

$$Vn = 53.76 \text{ KN} / 0.75 = 71.68 \text{ KN}$$

Para obtener la fuerza cortante que resiste el concreto aplicamos la siguiente ecuación.

$$Vc = 1/6 \sqrt{F'c} * bw * d$$

$$Vc = 1/6 \sqrt{28 \times 10^6 \text{ Pa}} * 0.4 \text{ m} * 0.260 \text{ m}$$

$$V_c = 91,72 \text{ KN}$$

Se aplica la siguiente verificación la cual nos dice que el cortante nominal debe ser mayor a la fuerza cortante que resiste el concreto, tal como lo expresa la ecuación.

$$V_n > V_c$$

$71,68 \text{ KN} > 91,72 \text{ KN}$

No cumple, por lo que el concreto es capaz de resistir el cortante inducido”

3.5.1. Zonas Confinadas (Lugar donde se presentan los cortantes máximos)

- $max \leq d/4$
- $S_{max} \leq 8 * \text{Diámetro barra longitudinal más pequeño}$
- $S_{max} \leq 24 * \text{Diámetro del fleje}$
- $S_{max} \leq 300 \text{ mm}$

Evaluación datos

- $max \leq 230 \text{ mm} / 4 = 57.5 \text{ mm}$
- $max \leq 8 * 25,4 \text{ mm} = 203.2 \text{ mm}$
- $S_{max} \leq 24 * 9 \text{ mm} = 216 \text{ mm}$
- $S_{max} \leq 300 \text{ mm}$

“Se toma el dato de menor valor y se aproxima al centímetro por debajo”

$$S \text{ Confinada} = 57.5 \text{ mm} \approx \mathbf{50 \text{ mm}}$$

3.5.2. Zonas No Confinadas (Lugar donde se presentan los cortantes mínimos)

- $S_{max} \leq d/2$
- $S_{max} \leq 0.75 * h$
- $S_{max} \leq 600 \text{ mm}$

Evaluación datos

- $S_{max} \leq 230 \text{ mm}/2 = 115 \text{ mm}$
- $S_{max} \leq 0.75 * 300 \text{ mm} = 225 \text{ mm}$
- $S_{max} \leq 600 \text{ mm}$

“Se toma el dato de menor valor y se aproxima al centímetro por debajo”

S No Confinada = 115 mm = 110 mm

Para calcular los espacios y el número de flejes necesarios en la zona confinada se obtiene multiplicando dos veces la altura de la columna dividido en el espaciamiento de la zona confinada.

S zona Confinada + 1

$\text{Espaciamiento zona confinada} / \text{Separación Zona confinada} = 50 \text{ cm} / 8 \text{ cm}$

$6 \text{ Espacios} = 7 \text{ Flejes}$

Al obtener el número de espacios se suma una unidad para obtener el número de flejes en zona confinada. Para calcular los espacios y el número de flejes necesarios en la zona No confinada se obtiene por el espaciamiento en la zona no confinada a lo largo de la viga dividido la separación de la zona no confinada.

*Espaciamiento Zona No confinada / Separación Zona no confinada = 340 cm/
11 cm
30 Espacios = 31 Flejes*

Al obtener el número de espacios se resta una unidad para obtener el número de flejes en zona No confinada.

3.5.3. Separación máxima y mínima

- Ecuación para Separación máxima.

$$S_{\max} = A_v * F_y / 0.062 \sqrt{f'_c} * b_w$$

- Ecuación para Separación mínima.

$$S_{\min} = A_v * F_y / 0.35 * b_w$$

$$A_v = \text{Área Barra (Estribo)} * \# \text{ Ramas}$$

$$S_{\max} = (71 \text{ mm}^2 * 2) * 420 \text{ Mpa} / 0.062 \sqrt{28 \text{ MPa}} * 400 \text{ mm} = 454.47 \text{ mm}$$

$$S_{\min} = (71 \text{ mm}^2 * 2) * 420 \text{ MPa} / 0.35 * 400 \text{ mm} = 426 \text{ mm}$$

3.6. COLUMNAS.

3.6.1. Columnas en Concreto

Las columnas son aquellos elementos verticales que soportan fuerzas de compresión y flexión, encargados de transmitir todas las cargas de la estructura a la cimentación; es decir, son uno de los elementos más importantes para el soporte de la estructura, por lo que su construcción requiere especial cuidado.

3.6.2. Pre - dimensionamiento: En la norma sismo resistente NSR-10 en el capítulo C.21 recomienda que las dimensiones de la viga no pueden ser menores a 25 cm para disipación moderada de energía DMO.

DMO b, h ≥ 25 cm

- Materiales

$$F_c = 28 \text{ MPa}$$

$$F_y = 420 \text{ MPa}$$

Para el diseño de la columna se asume una altura libre de 3 metros.

3.6.3. Cargas vivas: Según Tabla B.4.2.1-1 de la Norma NSR-10, seleccionando una ocupación oficinas, recomienda una carga viva de 2.0 KN/m². Utilizando la ecuación se obtiene la carga viva total.

$$L = 2.0 \text{ KN/m}^2$$

Para calcular la carga viva total para columna se obtiene de la siguiente forma

$$L = 2.0 \text{ KN/m}^2 * \text{Luz de la columna}$$

$$L = 2.0 \text{ KN/m}^2 * 3.0 \text{ m} = 6.0 \text{ KN/m}$$

3.6.4. Cargas muertas: Según Tabla B.3.4.3 – 1 de la Norma NSR-10, seleccionando una ocupación oficinas particiones fijas de mampostería, recomienda una carga muerta de 2.0 KN/m². Utilizando la ecuación 33 se obtiene la carga muerta total.

$$D = 2.0 \text{ KN/m}^2$$

Para calcular la carga muerta total para columna se obtiene de la siguiente forma

$$D = (D * \text{Luz de la columna}) + (b * h * \text{Gama del concreto})$$

$$D = ((2.0 \text{ KN/m}^2) * (3.0 \text{ m})) + (0.30 \text{ m} * 0.40 \text{ m} * 24 \text{ KN/m}^3)$$

$$D = 8.88 \text{ KN/m}$$

3.6.5. Mayoración de cargas: Carga última (W_u) para columnas utilizando la ecuación.

$$U = 1.4 * D = 1.4 * 8,88 \text{ KN/m} = 12,43 \text{ KN/m}$$

$$U = 1.2 * D + 1.6 * L$$

$$U = 1.2 * 8,88 \text{ KN/m} + 1.6 * 6.0 \text{ KN/m} = 20,26 \text{ KN/m}$$

$$W_u = 20,16 \text{ KN/m}$$

“Se escoge el resultado mayor”

$$W_u = 20,26 \text{ KN/m}$$

4. FUERZAS SÍSMICAS HORIZONTALES EQUIVALENTES

4.1. ZONA DE AMENAZA SISMICA

Teniendo en cuenta que los objetivos de la microzonificación sísmica es determinar el comportamiento de los suelos frente a movimientos sísmicos y de esta manera define una reglamentación local para el diseño y construcción sismorresistente de edificaciones y obras de infraestructura vitales.

Toda edificación ubicada en Colombia debe establecerse en una zonificación de amenaza sísmica, según la NORMA NSR-10 en su título A nos evoca la división de tres amenazas con la variación de sus coeficientes A_a y A_v , seguido a esto nos muestra una tabla en la cual encontramos las ciudades capitales de departamentos y sus zonas de amenazas sísmicas.

Tabla 3. A_a , A_v y microzonificación sísmica para las ciudades capitales de Departamentos.

Ciudad	A_a	A_v	Zona de Amenaza Sísmica
Arauca	0.15	0.15	Intermedia
Armenia	0.25	0.25	Alta
Barranquilla	0.10	0.10	Baja
Bogotá D. C.	0.15	0.20	Intermedia
Bucaramanga	0.25	0.25	Alta
Cali	0.25	0.25	Alta
Cartagena	0.10	0.10	Baja
Cúcuta	0.35	0.30	Alta
Florencia	0.20	0.15	Intermedia
Ibagué	0.20	0.20	Intermedia
Leticia	0.05	0.05	Baja
Manizales	0.25	0.25	Alta
Medellín	0.15	0.20	Intermedia
Mitú	0.05	0.05	Baja
Mocoa	0.30	0.25	Alta
Montería	0.10	0.15	Intermedia
Neiva	0.25	0.25	Alta
Pasto	0.25	0.25	Alta
Pereira	0.25	0.25	Alta
Popayán	0.25	0.20	Alta
Puerto Carreño	0.05	0.05	Baja
Puerto Inírida	0.05	0.05	Baja
Quibdó	0.35	0.35	Alta
Riohacha	0.10	0.15	Intermedia
San Andrés, Isla	0.10	0.10	Baja
Santa Marta	0.15	0.10	Intermedia
San José del Guaviare	0.05	0.05	Baja
Sincelejo	0.10	0.15	Intermedia
Tunja	0.20	0.20	Intermedia
Valledupar	0.10	0.10	Baja
Villavicencio	0.35	0.30	Alta
Yopal	0.30	0.20	Alta

Fuente: Tomado del título A- Reglamento Colombiano De Construcción Sismo Resistente NSR-10.

Respecto a la tabla anterior nos muestra que Bogotá se establece en una zona de amenaza sísmica intermedia, pero esta a su vez tiene una variación por zonas las cuales se mostraran a continuación.

4.1.1. Refuerzo longitudinal: En la norma sismo resistente NSR-10, en el numeral C.10.9.1 recomienda que el área de acero debe estar entre el 1% y el 4% del área total de la sección de la columna.

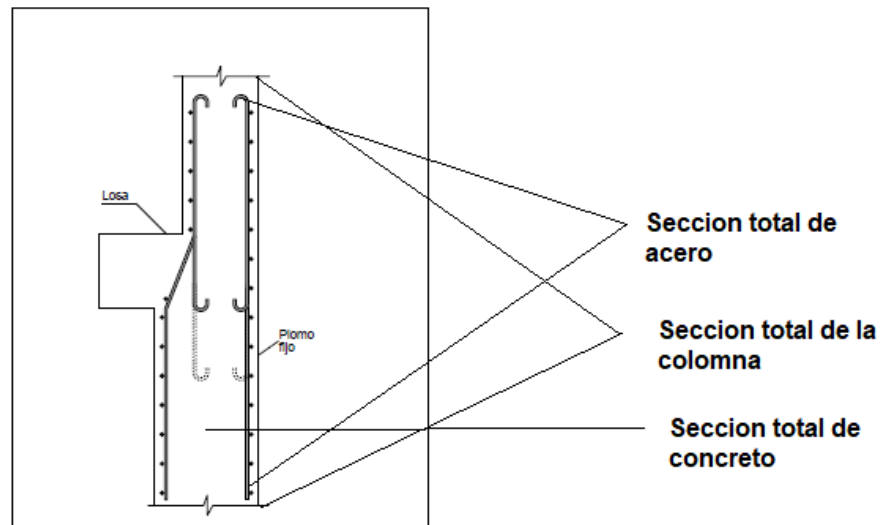


Figura 4. Secciones total del acero

As: Sección total del acero

Ac: Sección total del concreto 52

Ag: Sección total de la columna

Nota: Para columnas rectangulares mínimo 4 barras. Para la sección de las barras se recomienda diámetros pequeños para tener mayor recubrimiento y evitar la retracción de fraguado.

Tabla 4. Diferentes tipos de empalme longitudinal en columnas.

BARRA #	GANCHOS		TRASLAPOS		
	REFUERZO LONGITUDINAL	ESTRIBOS	SUPERIOR VIGAS	INFERIOR VIGAS	LONGITUD COLUMNAS
2	0,10	0,10	0,26	0,26	0,40
3	0,15	0,13	0,55	0,42	0,40
4	0,20	0,15	0,80	0,60	0,60
5	0,25	0,25	0,90	0,70	0,70
6	0,30	0,30	1,10	0,85	0,85
7	0,35	0,35	1,30	1,00	1,00
8	0,40	0,40	1,40	1,10	1,10
# Barras en octavo de pulgada.					
Unidades de ganchos y traslapes en metros.					

4.1.2. Refuerzo transversal

Estribo: El reglamento NSR-10 especifica estribos de barra No.3 ($\emptyset 3/8"$) cuando las barras longitudinales sean iguales o menores a la No.10 ($\emptyset 1 1/4"$), y al menos de barra No.4 ($\emptyset 1/2"$) cuando las barras longitudinales sean mayores o iguales a la No.11 ($\emptyset 1 3/8"$) o se trate de barras de paquete.

El diámetro de los estribos será:

- $\emptyset 1/4" = \text{Casas de 1 y 2 pisos}$
- $\emptyset 3/8" = \text{Para refuerzos hasta } 1' 14"$
- $\emptyset 1/2" = \text{Diámetros mayores}$

El refuerzo transversal tiene ciertos beneficios que son:

- Restringen el pandeo del acero longitudinal.
- Sostienen las varillas principales.
- Ayudan a confinar el concreto (Área de concreto, Ac)

La separación no debe exceder de:

- $1/4$ de la dimensión mínima de la columna.
- $1/4 * 40 \text{ cm (Luz de la columna)} = 10 \text{ cm}$
- $6 * \emptyset \text{ refuerzo longitudinal menor}$
 $6 * 1.91 \text{ cm} = 11.46 \text{ cm (Para barras \#6)}$

Para el So se denota la siguiente ecuación

$$S_o = 100 + 350 - h_x \times 3 < 15 \text{ cm}$$

$$h_x = \text{luz de la columna} - \text{recubrimiento libre} \times 2$$

$$h_x = 40 \text{ cm} - 8 \text{ cm} \times 2 = 16 \text{ cm}$$

$$S_o = 100 + 350 - 160 \text{ mm} \times 3 = 163 \text{ mm} = 16.3 \text{ cm}$$

En este caso se determina que el \emptyset de los estribos será de $3/8"$, con una separación de 10 cm. El refuerzo transversal, debe colocarse dentro de una longitud (L_o) y este no puede ser menor a: El refuerzo transversal en las cantidades que se especifican en C.21.6.4.2 hasta C.21.6.4.4, debe suministrarse en una longitud (L_o) medida desde cada cara del nudo y ambos lados de cualquier sección donde pueda ocurrir fluencia por flexión como resultado de desplazamientos laterales inelásticos del pórtico. La longitud (L_o) no debe ser menor que la mayor de:

La altura del elemento en la cara del nudo o en la sección donde puede ocurrir fluencia por flexión.

En este caso 40 cm

Un sexto de la luz libre del elemento.

$$16 \times 3.0 \text{ m} = 0.5 \text{ m} = 50 \text{ cm}$$

$$450 \text{ mm} = 45 \text{ cm}$$

Se determinó que el valor de (L_o) será de 0,5 m ya que es el dato mayor de los 3 resultados anteriores, recordando que el primer estribo debe estar a 5 cm de la cara del elemento.

4.1.3. Zona confinada columnas

- 8 db de la barra longitudinal más pequeña.
- $8 \times 19.1 \text{ mm} = 152.8 \text{ mm}$
- 16 db del diámetro del estribo
- $16 \times 9.5 \text{ mm} = 152 \text{ mm}$
- $1/3$ de la dimensión mínima de la sección del elemento.
- $1/3 \times 400 \text{ mm} = 134 \text{ mm}$
- 150 mm

“Se escoge la opción de menor valor para la zona confinada igual a 134 mm.”

4.1.4. Longitud de la zona confinada (L_o)

- $1/6$ de la longitud libre del elemento
- $1/6 * 3 \text{ m} = 0.5 \text{ m} = 500 \text{ mm}$
- la mayor dimensión de la sección transversal de la columna
- 400 mm
- 500 mm

Para este caso la longitud de la zona confinada es de 0.5 m

4.2. COLUMNA SOMETIDA A COMPRESIÓN AXIAL

Máxima fuerza axial que se puede aplicar a la columna dimensionada.

Para el cálculo de la cuantía mínima no debe ser menor que el 1% del área total de la columna y no exceder el 4% del área total de la columna.

$$\rho_{\min} = 0.01$$

$$\rho_{\max} = 0.04$$

4.2.1. Utilizando la ecuación de la Cuantía mínima.

$$\rho_{\min} = \rho_{\min} * b * h$$

$$\rho_{\min} = 0.01 * 300 \text{ mm} * 400 \text{ mm}$$

$$\rho_{\min} = 1200 \text{ mm}^2$$

4.2.2. Utilizando la ecuación de la Cuantía máxima.

$$\rho_{\max} = \rho_{\max} * b * h$$

$$\rho_{\max} = 0.04 * 400 \text{ mm} * 400 \text{ mm}$$

$$\rho_{\max} = 6400 \text{ mm}^2$$

Para el cálculo de la cantidad de barras se obtiene por medio de la ecuación.

$$\# \text{ barras} = A_{s\min} / \text{Área barra} = 1600 \text{ mm}^2 / 2284 \text{ mm}^2 =$$

$$5.63 \cong 6 \text{ barras} \# 6$$

- **Materiales**

$$F'_c = 24.6 \text{ MPa}$$

$$F_y = 420 \text{ MPa}$$

Según la ecuación de la Máxima carga concéntrica. $P_o = P_c + P_s$

Donde: P_o = Máxima carga concéntrica, P_c = Carga que soporta el concreto y P_s = Carga que soporta el acero.

4.2.3. Según la ecuación de la Carga que soporta el concreto.

$$P_c = 0.85 * F'_c * (A_g - A_s)$$

Según la ecuación de la Carga que soporta el acero.

$$P_s = A_s * F_y$$

$$P_o = 0.85 * F'_c * (A_g - A_s) + A_s * F_y$$

Dónde: A_g = Área bruta de la sección y A_s = Área de acero longitudinalmente

Según la ecuación de la Máxima carga axial.

$$\phi P_n = \phi * 0.75 * P_o$$

Dónde: P_n = Resistencia nominal o carga axial.

Nota: Para columnas con estribos el factor de seguridad ϕ es de 0.65 (otro elemento de refuerzo que no sea espiral).

Para columnas con estribos la carga que soporta el concreto se obtiene por medio de la ecuación.

$$P_c = 0.85 * 24.6 \text{ MPa} * ((400 \text{ mm} * 400 \text{ mm}) - (6 * 284 \text{ mm}^2))$$

$$P_c = 20.91 \text{ MPa} (160000 \text{ mm}^2 - 1704 \text{ mm}^2)$$

$$P_c = (20.91 \text{ MPa} * (158.296 \text{ mm}^2)) / 1000 = 3309.97 \text{ KN}$$

La carga que soporta el acero se obtiene por medio de la ecuación.

$$P_s = ((6 \cdot 284 \text{ mm}^2) \cdot (420 \text{ MPa})) / 1000 = 715,68 \text{ KN}$$

La carga concéntrica se obtiene por medio de la ecuación.

$$P_o = P_c + P_s$$

$$P_o = 3309,97 \text{ KN} + 715,68 \text{ KN}$$

$$P_o = 4024,68 \text{ KN}$$

La carga máxima que puede soportar la columna se obtiene por la ecuación

$$\phi P_n = \phi \cdot 0.75 \cdot P_o$$

$$\phi P_n = 0.65 \cdot 0.75 \cdot 4024,68 \text{ KN}$$

$$\phi P_n = 1962,03 \text{ KN}$$

5. MICROZONIFICACIÓN DE LA CIUDAD DE BOGOTÁ

5.1. ZONIFICACIÓN GEOTÉCNICA

La ciudad de Bogotá está expuesta a la actividad sísmica generada por los diversos sistemas de fallas geológicas activas existentes en el país, en mayor o menor grado en función de la distancia de la capital a éstos sistemas, Bogotá se encuentra localizada en una zona de amenaza sísmica intermedia, dado que se encuentra ubicada aproximadamente a 40 km de distancia del sistema de Falla Frontal de la Cordillera Oriental (Falla del Piedemonte Llanero) y que tiene el potencial de generar sismos de magnitudes importantes.

La ciudad de Bogotá cuenta con estudios detallados de respuesta dinámica de los suelos por la actividad sísmica regional, conocidos como microzonificación sísmica. A partir de estos estudios se definen parámetros de sismo resistencia para edificaciones que están reglamentados en el Decreto Distrital 523 de 2010 por el cual se adopta la Microzonificación Sísmica de Bogotá D.C.

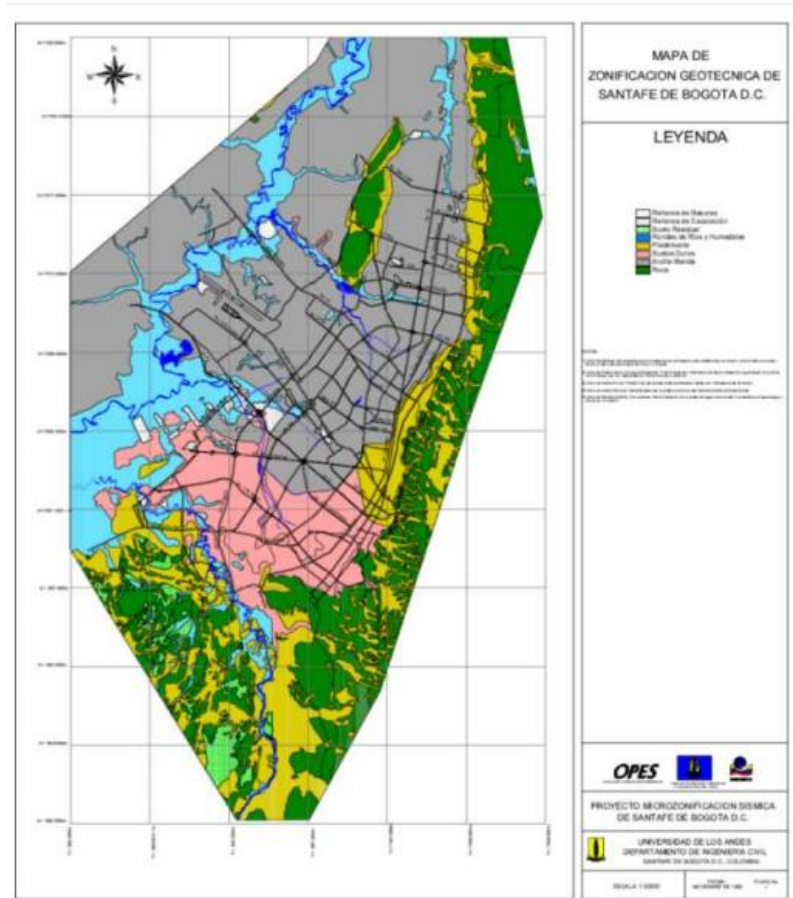


figura 5. Mapa de Zonificación sísmica en Bogotá

Fuente: Universidad de los Andes.

Según la norma NSR-10 en la sección A.2.1.2.1 estipula que cuando existan estudios de microzonificación sísmica aprobados por las autoridades municipales, que contengan recomendaciones para el lugar donde se adelantará la edificación, ya sea por medio de unos efectos o sitios de formas espectrales, se deben utilizar los resultados de estos estudios, así como los valores del coeficiente de sitio.

Tabla 5 Descripción de las zonas geotécnicas, microzonificación Bogotá.

GEOTECNIA	GEOLOGÍA	GEOMORFOLOGÍA	COMPOSICIÓN PRINCIPAL	COMPORTAMIENTO GEOTÉCNICO GENERAL
Piedemonte A	Suelo coluvial y aluvial norte	Coluviones y Complejo de Conos Aluviales	Piedemonte	Gravas arcillo arenosas compactas
Piedemonte B	Suelo coluvial y aluvial centro			Gravas areno arcillosas compactas
Piedemonte C	Suelo coluvial y aluvial sur	Terraza Alta lacustre	Planicie	Gravas areno arcillosas compactas

Para la construcción, ampliación o adecuación de edificaciones en Bogotá con intervención estructural que sean objeto de reforzamiento estructural o rehabilitación sísmica, se deben regir según el mapa de zonas de respuestas sísmicas y mapa de zonas geotécnicas según lo dispuesto en el artículo 4 del decreto 523 de 2010.

5.2. ESPECTRO DE DISEÑO

El reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10 que corresponde a la segunda actualización de la reglamentación sismo resistente nacional, propone tres diferentes espectros de diseño.

El primer espectro propuesto es el espectro de diseño para edificaciones. Este espectro de tipo elástico expresado en términos de la aceleración (S_a) y del período espectral (T), fue concebido para un amortiguamiento del 5% y para una probabilidad de excedencia de 10% en un lapso de 50 años lo cual corresponde a un período de retorno de 475 años. Los parámetros fundamentales en este caso son la A_a que es la aceleración pico efectiva para diseño y el A_v que representa la velocidad horizontal pico efectiva.

espectro este definido para una probabilidad de excedencia de 20%, fue concebido para un amortiguamiento crítico del 5% en un lapso de 50 años que corresponde a un período de retorno de 225 años y adicionalmente se encuentra definido por el parámetro A_e que es la aceleración pico reducida.

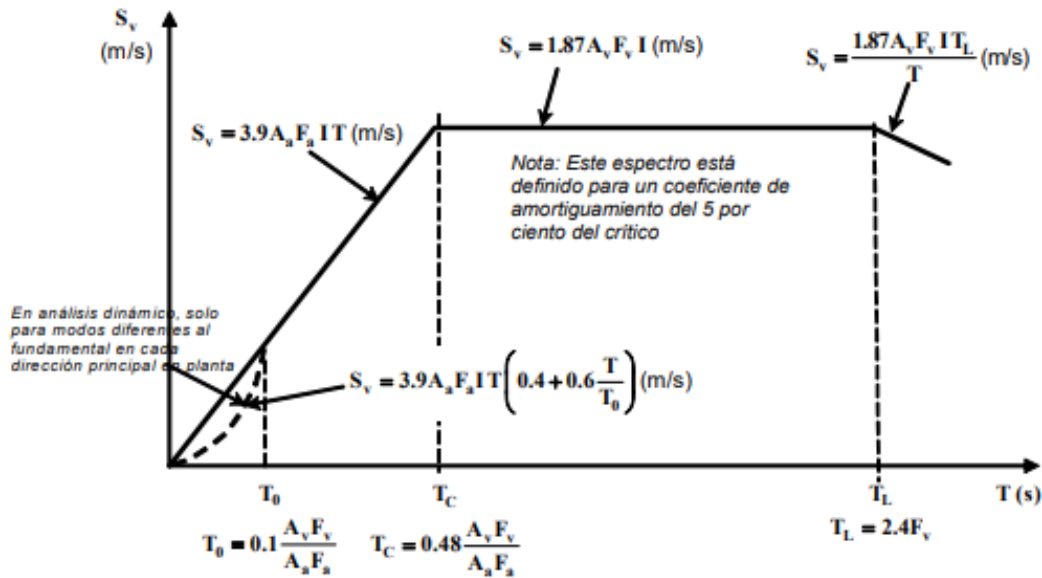


Figura 7. Espectro de Velocidades

Fuente: Tomado del título A- Reglamento Colombiano De Construcción Sismo Resistente NSR-10.

El tercer espectro propuesto es el espectro de desplazamiento en m que corresponde al espectro utilizado para edificaciones calificables dentro del grupo III y IV de la NSR-10. Este espectro es un espectro elástico establecido para un amortiguamiento crítico de 2%, corresponde a un periodo de retorno de 31 años y está definido mediante A_d que es la aceleración pico al nivel del umbral de daño.

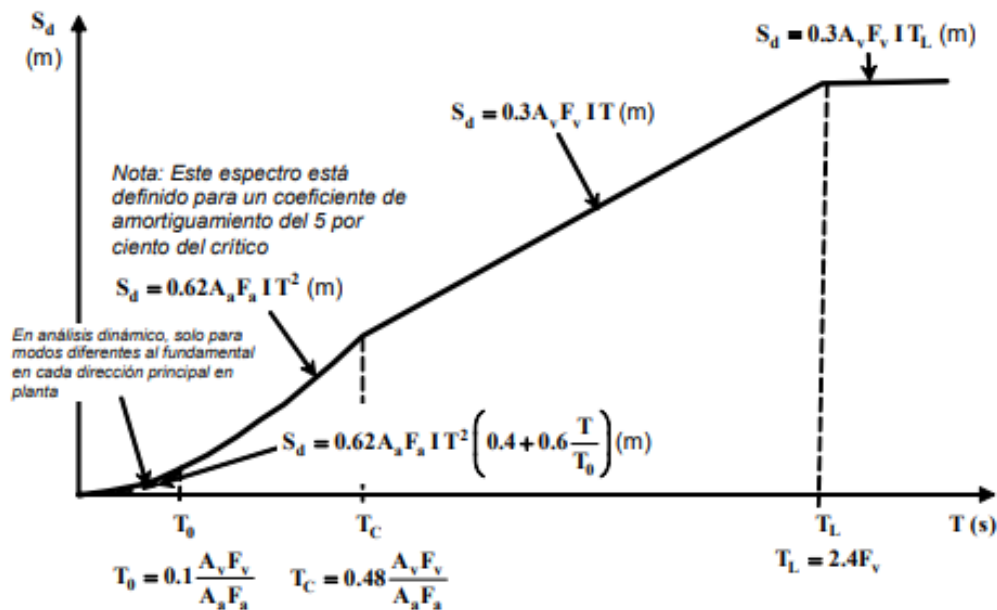


figura 8. Espectro de Desplazamientos

Fuente: Tomado del título A- Reglamento Colombiano De Construcción Sismo Resistente NSR-10.

Es importante mencionar que los parámetros que a continuación se presentan se deben emplear únicamente para fines de diseño de edificaciones, puesto que los factores de amplificación calculados solamente se pueden aplicar a las formulaciones dadas en la NSR-10.

Se decide hacer un espectro de diseño definido para un coeficiente de amortiguamiento respecto al crítico del 5% para la **zona 2 de Bogotá** (Zona Piedemonte). A continuación, se presentan los coeficientes espectrales para diseño.

Tabla 6. Coeficientes Espectrales

	ZONA 1 CERROS	ZONA 2 PIEDEMONTE	ZONA 3 LACUSTRE A	ZONA 4 LACUSTRE B	ZONA 5 TERRAZAS
T_0	0,20	0,20	0,50	0,50	0,50
T_c	1,00	1,20	3,00	3,00	3,00
T_L	5,00	6,00	5,71	5,71	5,71
A_m	0,24	0,30	0,25	0,16	0,20
A_n	0,30	0,40	0,30	0,20	0,30
F_a	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
F_v	2,00	2,25	32,48	31,18	25,98

Donde los parámetros de diseño son los siguientes:

T_0 : Periodo Inicial

T_c : Periodo Corto

T_L : Periodo largo

S_a : Aceleración Espectral

A_m : Aceleración Máxima

A_n : Aceleración Nominal

F_a : Factor de amplificación de la Aceleración

F_v : Factor de Amplificación de la Aceleración en el rango de velocidades constantes

6. MODELACION DE PORTICOS EN PROGRAMA ETABS 2016.

Programas tales como ETABS incluyen unos mecanismos técnicos para el cálculo de estructuras, muchos de los cuales se consideran ya estándar. Con el fin de determinar estos parámetros es necesario por tanto generar una primera estructura de la forma más automática posible.

6.1. Modelación del pórtico N.º 1.

- Como es un análisis lineal no se alteran datos de material damping

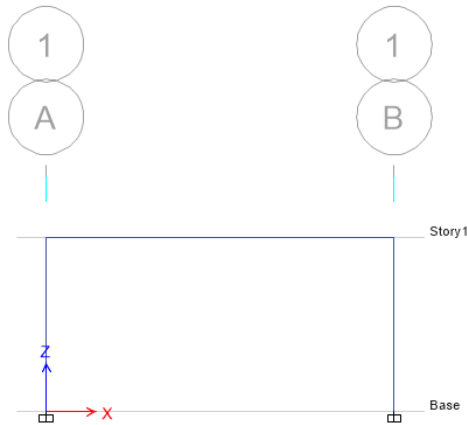


figura 9. *Pórtico inicial Empotrado*

Fuente: ETABS 2016 (*Computers and structures*)

- A continuación, se realiza la definición del material para toda la estructura.

$$\text{Factor de elasticidad} = 3900\sqrt{28} = 20656,86$$

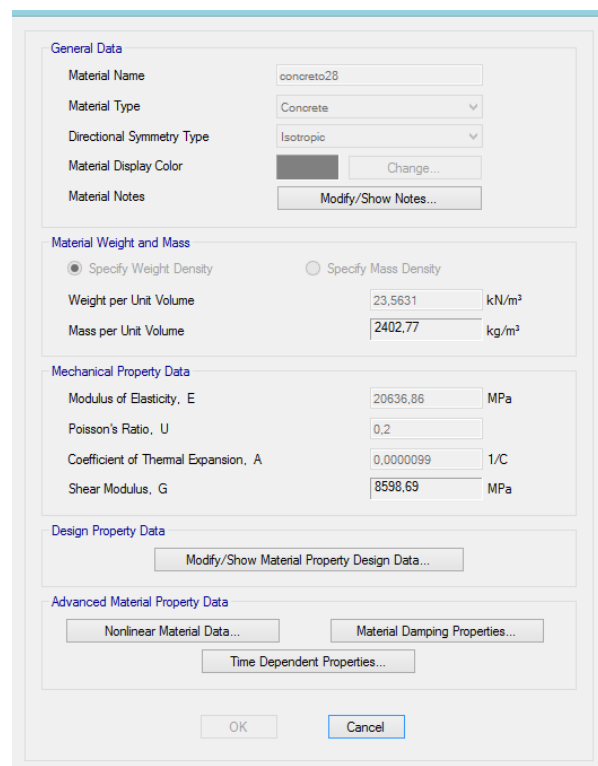
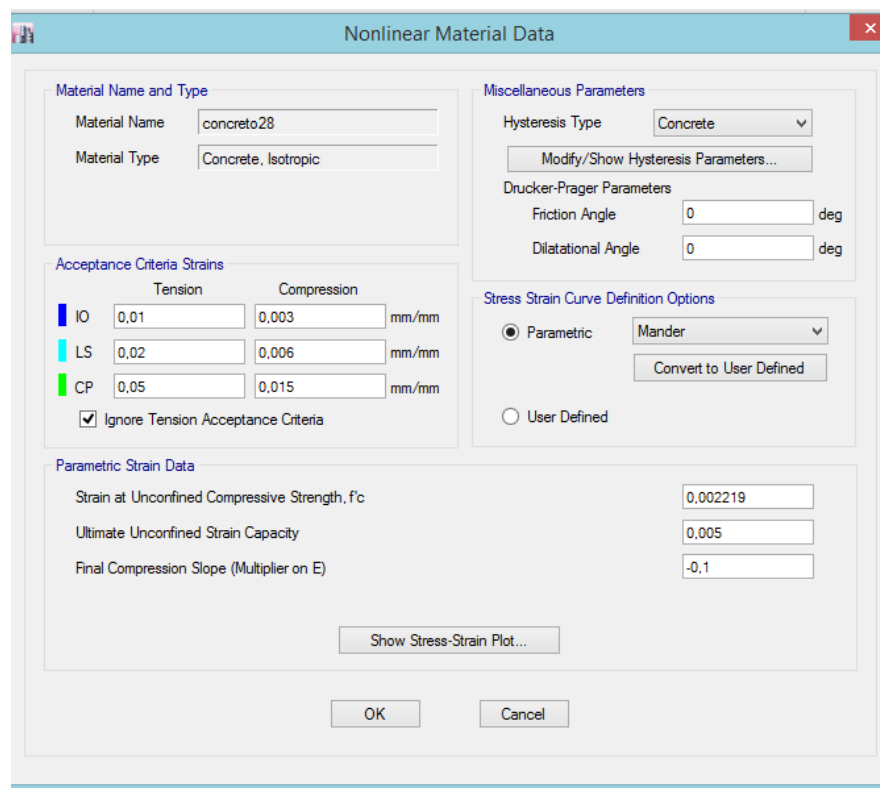


Figura 10. Definición del Material

Fuente: ETABS 2016 (*Computers and structures*)

- Seguido a esto, se definen las propiedades avanzadas del material para un modelo no lineal, como en este proyecto se está manejando un análisis lineal por tal razón estos valores quedan como predeterminados del programa.



Nonlinear Material Data

Material Name and Type

Material Name: concreto28

Material Type: Concrete, Isotropic

Acceptance Criteria Strains

	Tension	Compression	
IO	0.01	0.003	mm/mm
LS	0.02	0.006	mm/mm
CP	0.05	0.015	mm/mm

☒ Ignore Tension Acceptance Criteria

Miscellaneous Parameters

Hysteresis Type: Concrete

Modify/Show Hysteresis Parameters...

Drucker-Prager Parameters

Friction Angle: 0 deg

Dilatational Angle: 0 deg

Stress Strain Curve Definition Options

☒ Parametric: Mander

☐ User Defined

Convert to User Defined

Parametric Strain Data

Strain at Unconfined Compressive Strength, f_c : 0.002219

Ultimate Unconfined Strain Capacity: 0.005

Final Compression Slope (Multiplier on E): -0.1

Show Stress-Strain Plot...

OK Cancel

Figura 11. Datos no lineales del Material

Fuente: ETABS 2016 (*Computers and structures*)

- Se adiciona una nueva propiedad de concreto

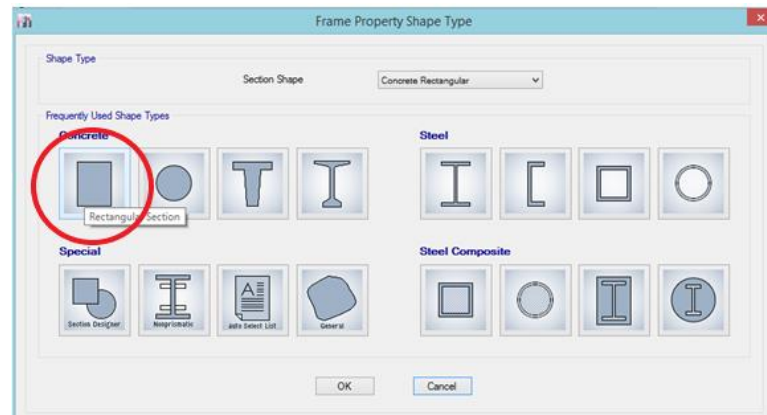


Figura 12. Propiedad del Concreto

Fuente: ETABS 2016 (*Computers and structures*)

- Se define las secciones de los materiales para viga y columnas

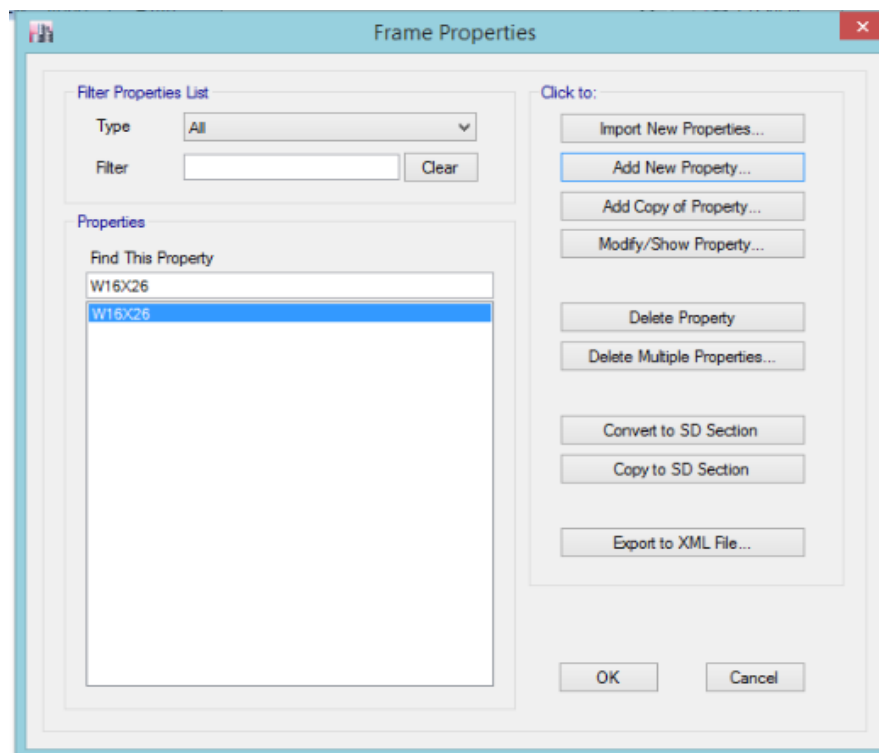


Figura 13. Asignación de propiedades viga y columna

Fuente: ETABS 2016 (*Computers and structures*)

- Se realiza la definición de las secciones respecto a la viga.

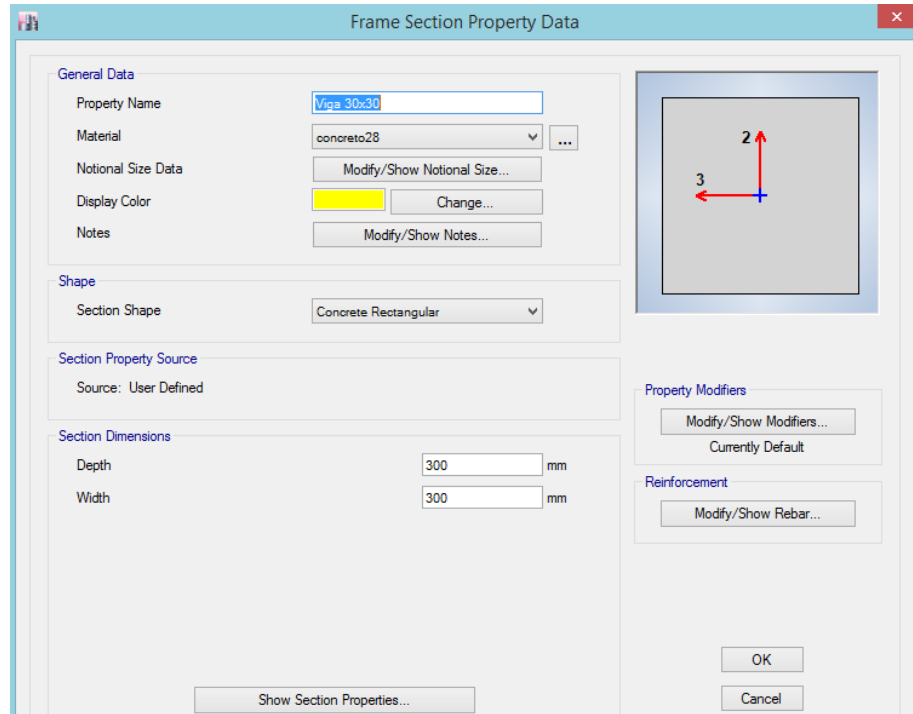


Figura 14. Asignación de propiedades viga

Fuente: ETABS 2016 (*Computers and structures*)

- Se realiza la definición de las secciones respecto a la columna.

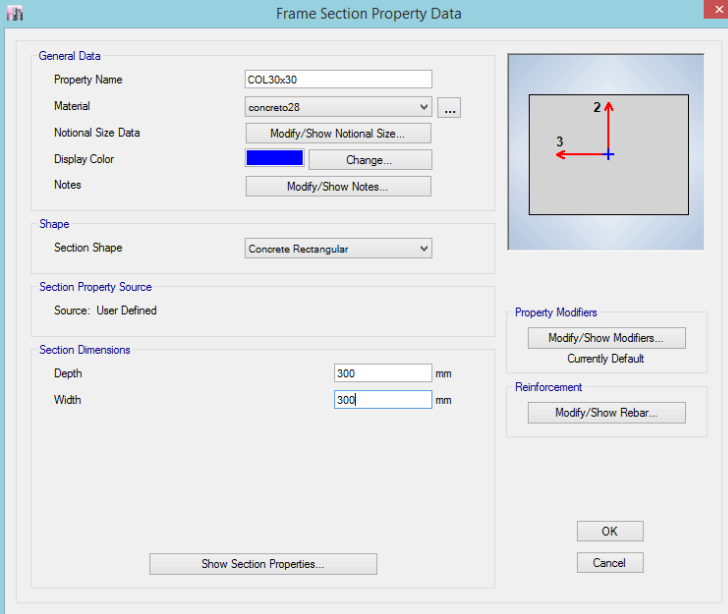


Figura 15. Asignación de propiedades viga y columna

Fuente: ETABS 2016 (*Computers and structures*)

- Se realiza las especificaciones de columnas con indicaciones del modelo a trabajar.

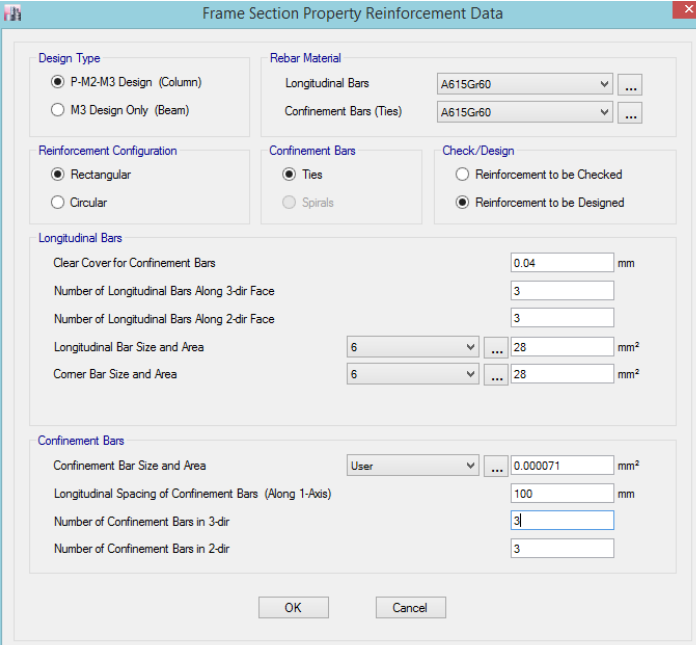


Figura 16. Especificaciones de las columnas

Fuente: ETABS 2016 (*Computers and structures*)

- Se observa que ya se realizó una asignación de las vigas y columnas para seguido a esto poder dibujar el pórtico con estas características.

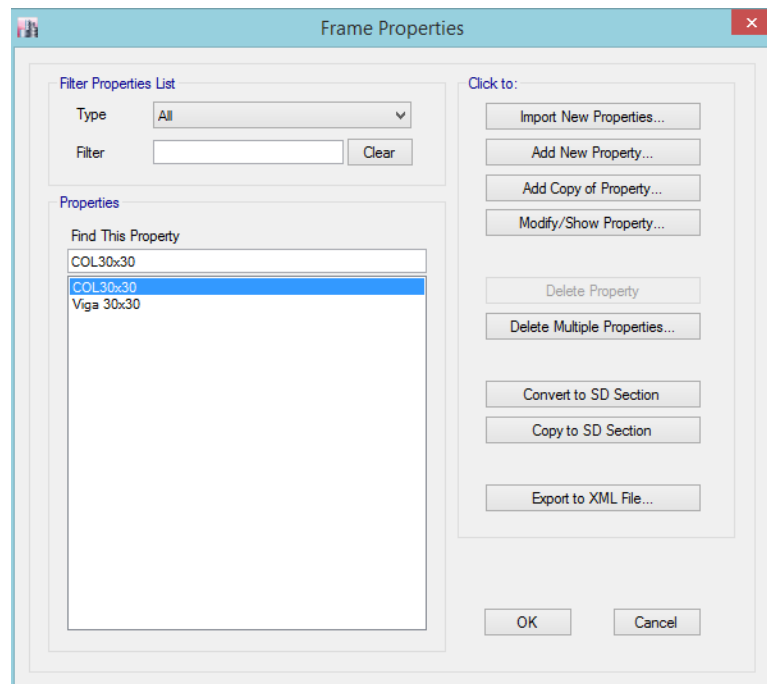


Figura 17. Vigas y Columnas creadas

Fuente: ETABS 2016 (*Computers and structures*)

- Se realiza la asignación de cargas al pórtico N.º 1 en viga y columna

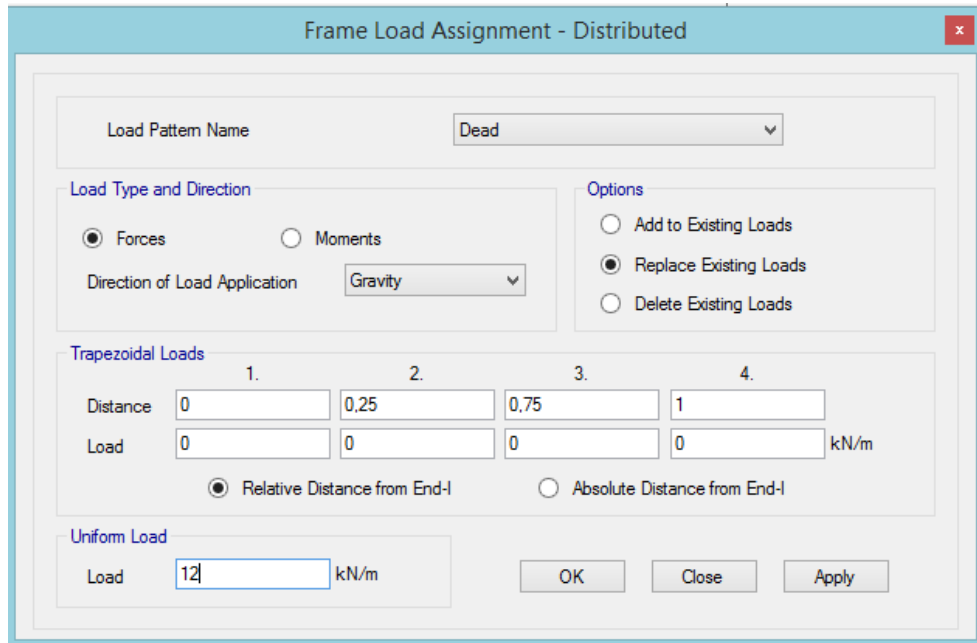


Figura 18. Asignación de cargas

Fuente: ETABS 2016 (*Computers and structures*)

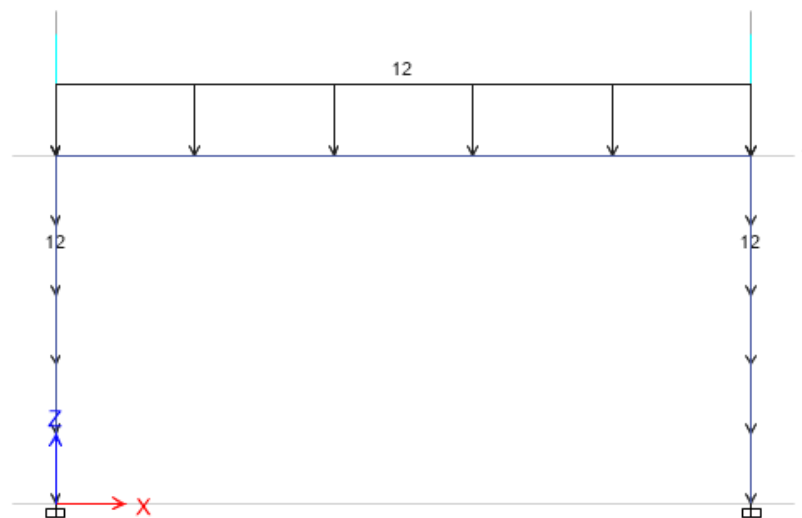


Figura 19. Asignación de cargas

Fuente: ETABS 2016 (*Computers and structures*)

- Respuesta espectral, determinado para un coeficiente de amortiguamiento respecto a la norma NSR-10, título A figura A.2.3-2

Tabla 7. Zonificación capitales de departamentos

Ciudad	A_a	A_v	Zona de Amenaza Sísmica
Arauca	0.15	0.15	Intermedia
Armenia	0.25	0.25	Alta
Barranquilla	0.10	0.10	Baja
Bogotá D. C.	0.15	0.20	Intermedia
Bucaramanga	0.25	0.25	Alta
Cali	0.25	0.25	Alta
Cartagena	0.10	0.10	Baja
Cúcuta	0.35	0.30	Alta
Florencia	0.20	0.15	Intermedia
Ibagué	0.20	0.20	Intermedia
Leticia	0.05	0.05	Baja
Manizales	0.25	0.25	Alta
Medellín	0.15	0.20	Intermedia
Mitú	0.05	0.05	Baja
Mocoa	0.30	0.25	Alta
Montería	0.10	0.15	Intermedia
Neiva	0.25	0.25	Alta
Pasto	0.25	0.25	Alta

Fuente: ETABS 2016 (*Computers and structures*)

- Se analizan las Cargas del sismo

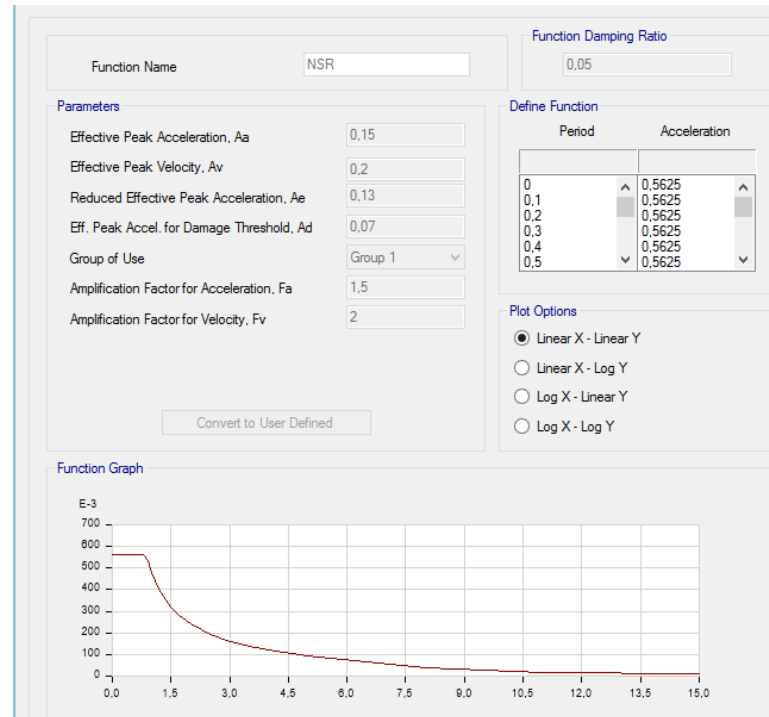


Figura 20. Cargas del Sismo

Fuente: ETABS 2016 (*Computers and structures*)

Tabla 8. Definición de la función

periodo	aceleracion
0	0,5625
0,1	0,5625
0,2	0,5625
0,3	0,5625
0,4	0,5625
0,5	0,5625
0,6	0,5625
0,7	0,5625
0,8	0,5625
0,9	0,5333
1	0,48
1,2	0,4
1,5	0,32

1,7	0,2824
2	0,24
2,5	0,192
3	0,16
3,5	0,1371
4	0,12
5	0,0922
8	0,036
11	0,019
15	0,0102

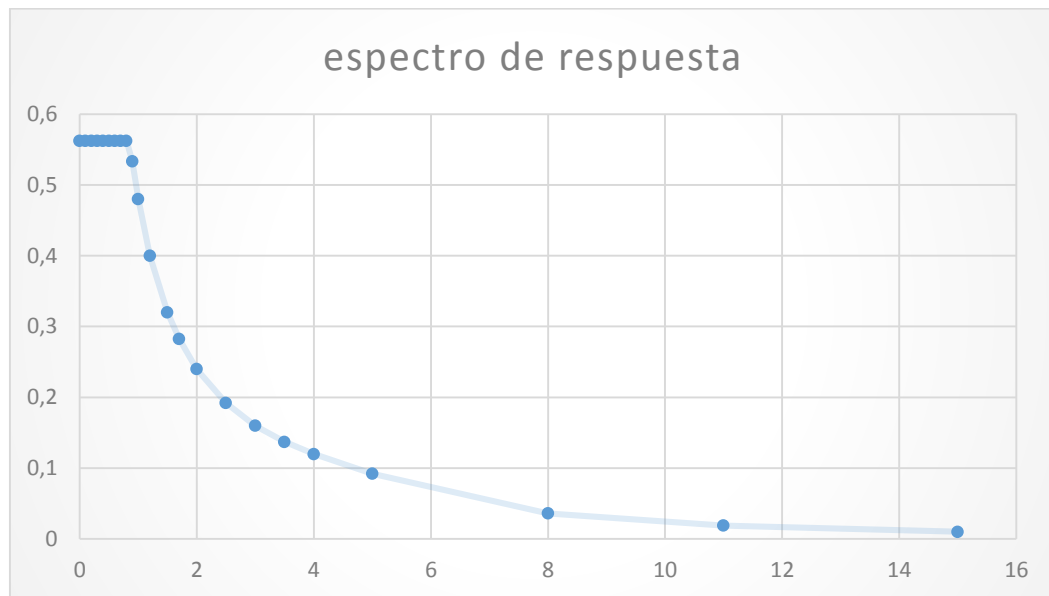
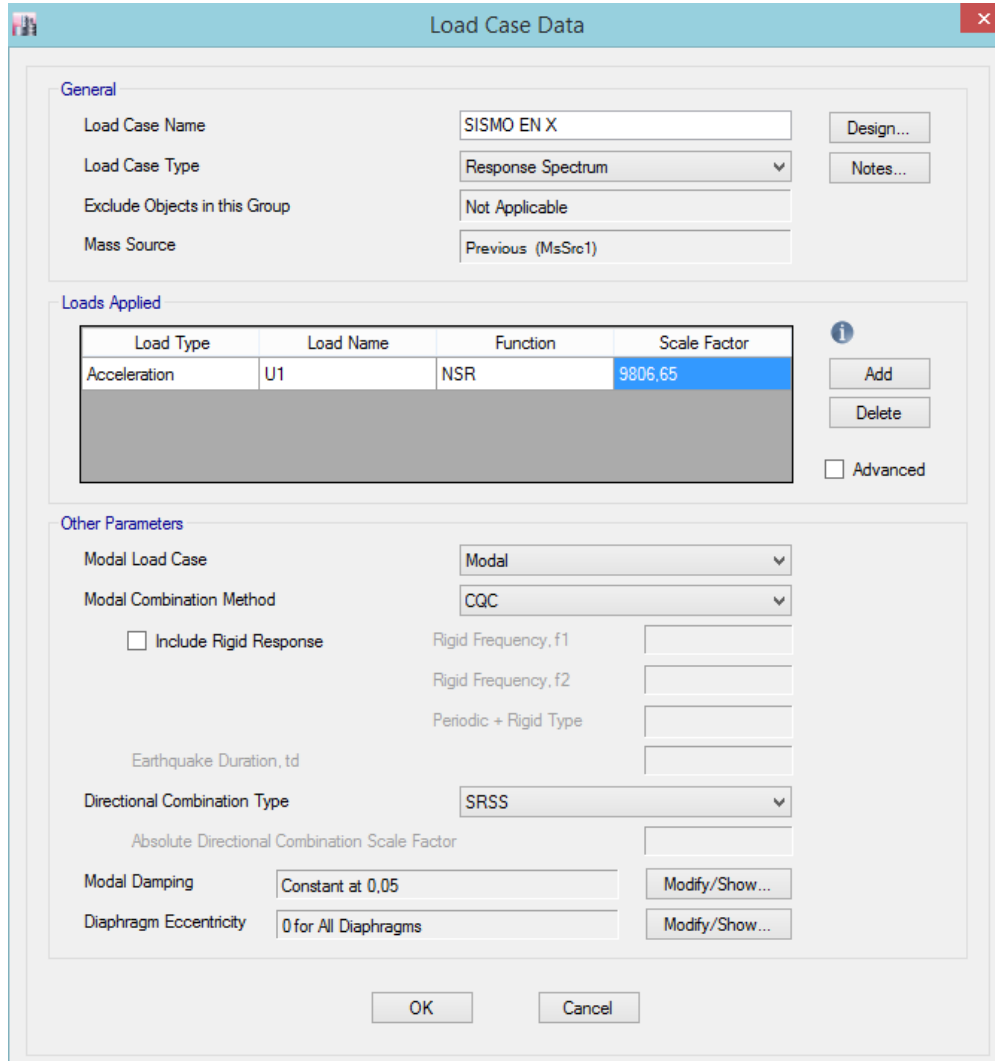


Figura 21. Gráfico de funciones.



Load Case Data

General

Load Case Name: SISMO EN X [Design...]

Load Case Type: Response Spectrum [Notes...]

Exclude Objects in this Group: Not Applicable

Mass Source: Previous (MsSrc1)

Loads Applied

Load Type	Load Name	Function	Scale Factor
Acceleration	U1	NSR	9806.65

[Add] [Delete] [Advanced]

Other Parameters

Modal Load Case: Modal

Modal Combination Method: CQC

☐ Include Rigid Response

Rigid Frequency, f1: []

Rigid Frequency, f2: []

Periodic + Rigid Type: []

Earthquake Duration, td: []

Directional Combination Type: SRSS

Absolute Directional Combination Scale Factor: []

Modal Damping: Constant at 0.05 [Modify/Show...]

Diaphragm Eccentricity: 0 for All Diaphragms [Modify/Show...]

[OK] [Cancel]

Figura 22. Espectro del Sismo

Fuente: ETABS 2016 (*Computers and structures*)

- Con los anteriores casos de cargas, se realizan seis combinaciones (*combos*), para el desarrollo del modelo adicional de la carga viva, muerta y las dos especificaciones del sismo.

Combo 1: 1,4D

Combo 2: 1,2D+1,6L

Combo 3: 1,2D+0,5L+(1,0Ex/R)

Combo 4: $1,2D+0,5L-(1,0Ex/R)$

Combo 5: $0,9D+(1,0Ex/R)$

Combo 6: $0,9D-(1,0Ex/R)$

$Dead$ = Carga Muerta

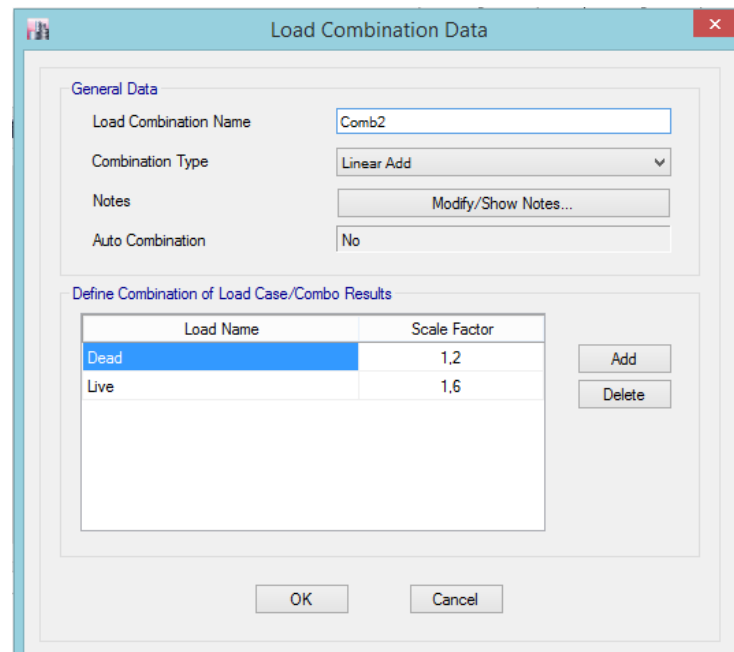
$Live$ = Carga Viva

Ex = Fuerza de Sismo

R =coeficiente de energía = 7

$R= 1*1*0,9*7$

$R=5,6$



Load Combination Data

General Data

Load Combination Name: Comb2

Combination Type: Linear Add

Notes: Modify/Show Notes...

Auto Combination: No

Define Combination of Load Case/Combo Results

Load Name	Scale Factor
Dead	1.2
Live	1.6

Add

Delete

OK Cancel

Figura 23. Especificaciones de carga viva y muerta.

Fuente: ETABS 2016 (*Computers and structures*)

- Se adicionan las 6 combinaciones para el desarrollo del modelo

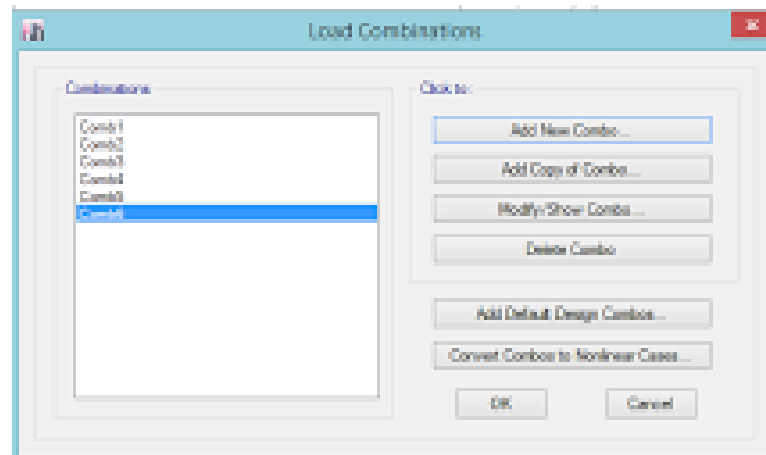


Figura 24. Combinaciones de carga

Fuente: ETABS 2016 (*Computers and structures*)

- A Continuación, se Analiza el programa con el fin de verificar si se presenta algún error, como no lo hay se procede al siguiente paso.



Figura 25. Análisis del pórtico

Fuente: ETABS 2016 (*Computers and structures*)

- Se halla el V_s con ayuda a la tabla de las reacciones.

Base Reactions					
	Load Case/Combo	FX kN	FY kN	FZ kN	
▶	Dead	0	0	96,812	0
	Live	0	0	144	0
	SISMO EN X Max	10,3781	0	0	0

Figura 26. Análisis del Vs

Fuente: ETABS 2016 (*Computers and structures*)

$$V_s = S_a * w$$

$$V_s = 0,5625 \quad x \quad 96,812 \quad = \quad 54,45675 \text{Kn}$$

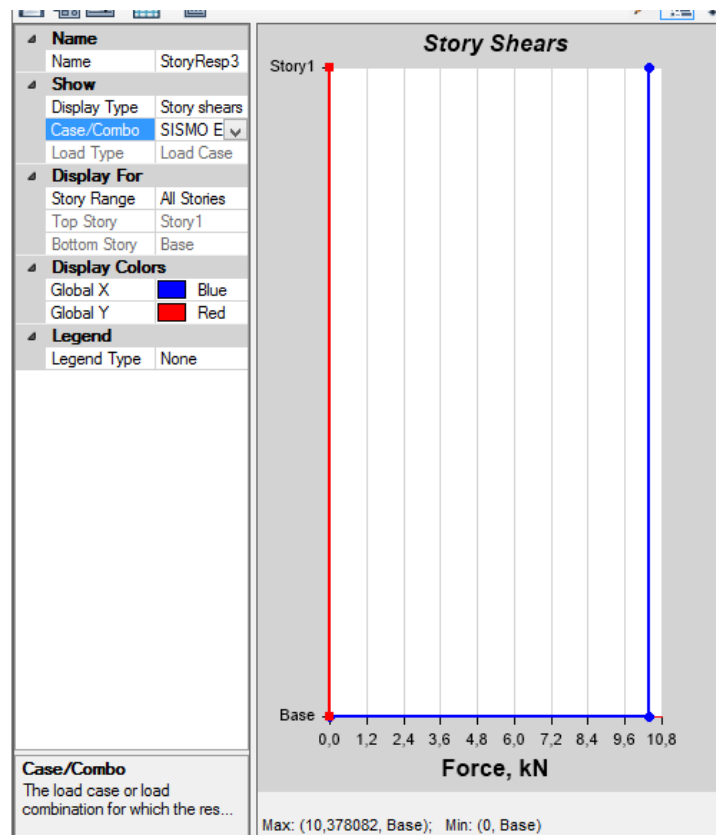


Figura 27. Factor de corrección

Fuente: ETABS 2016 (*Computers and structures*)

$$\frac{54,456}{10,378} = 5,247$$

- Para que la gráfica obtenga los valores adecuados se realiza un ajuste a la gravedad, realizando una multiplicación por el factor de 5,247

$$\text{Gravedad} = 9806,65 \times 5,247 = 51455,49$$

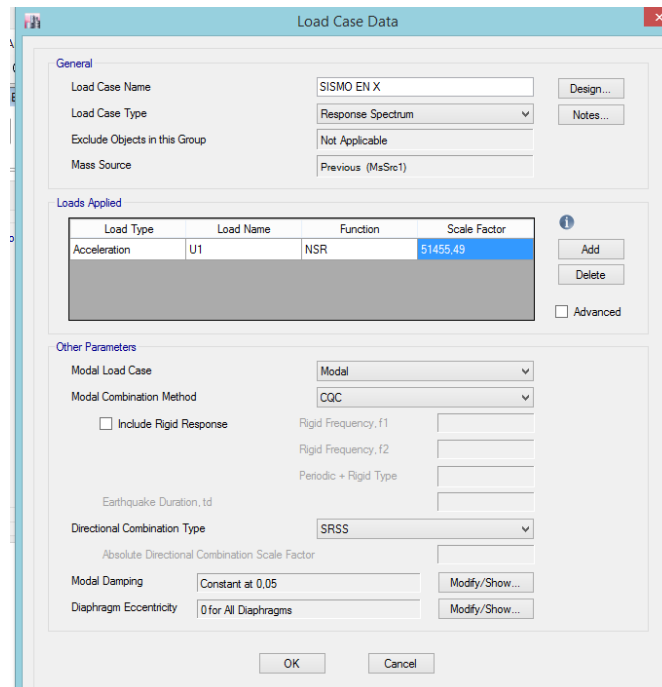


Figura 28. Adecuamiento de la gravedad.

Fuente: ETABS 2016 (*Computers and structures*)

- Se analiza nuevamente el programa en donde ya se muestra la deformación en vigas y columnas.

Fuente: ETABS 2016 (*Computers and structures*)

- Maximum Story Drifts**

Story1

Base

Drift, Unitless

Max: (0,002616, Story1); Min: (0, Base)

Display Type
Indicates the type of story response to be displayed.

Figura 30. Factor de seguridad

Fuente: ETABS 2016 (*Computers and structures*)

- A continuación se crea la combinación llamada envolvente la cual se encarga de coger el valor más crítico el cual se observa en los diagramas

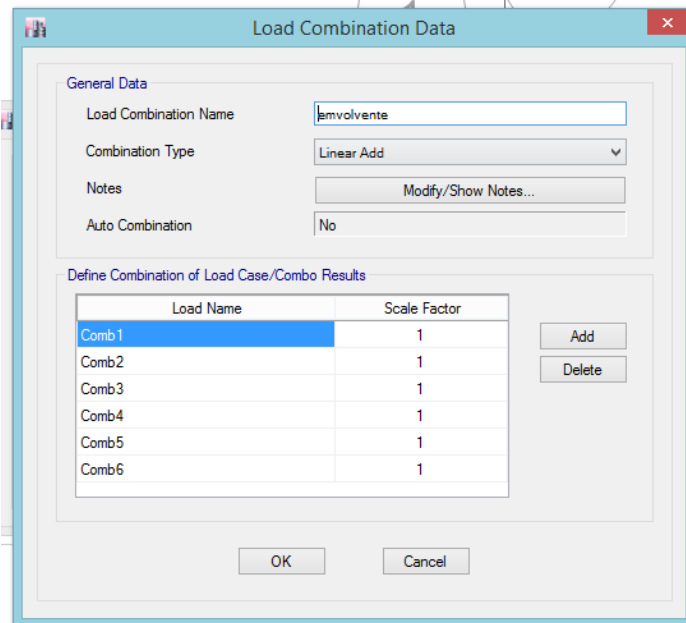


Figura 31. Creación de la envolvente

Fuente: ETABS 2016 (*Computers and structures*)

6.2. EVALUACIÓN DE DIAGRAMAS CARGAS

- Carga muerta

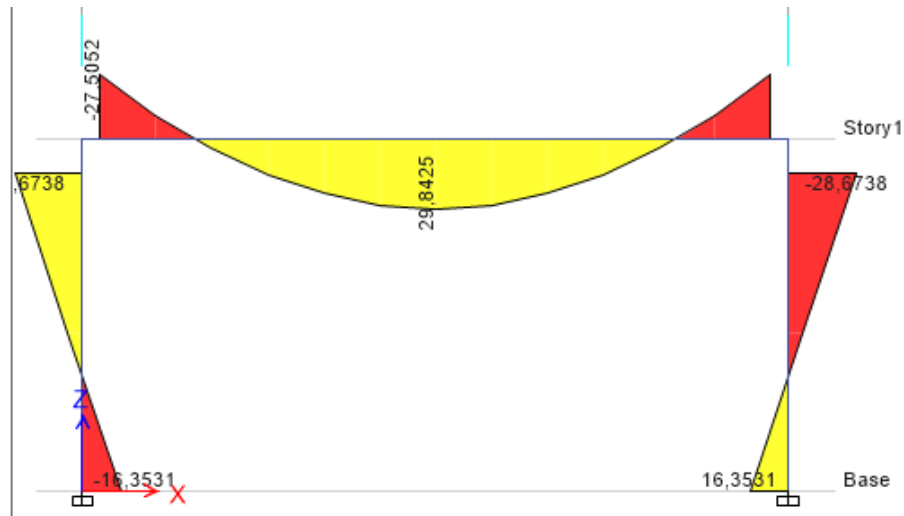


Figura 32. Carga Muerta

Fuente: ETABS 2016 (*Computers and structures*)

- Carga viva

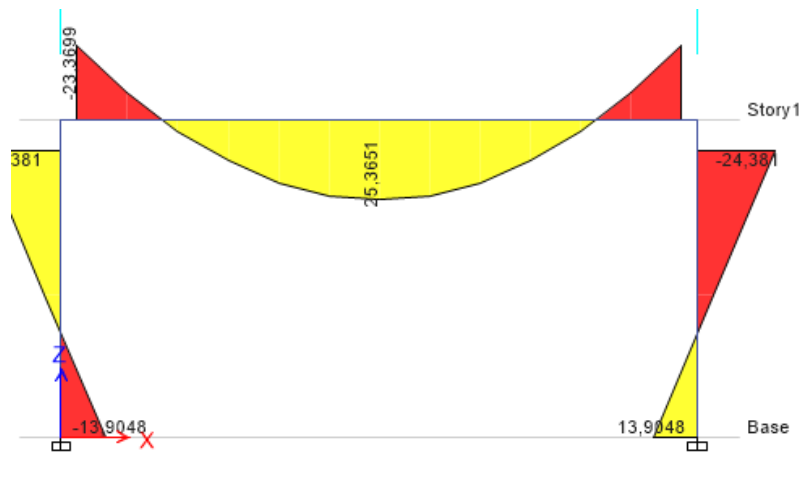


Figura 33. Carga Viva

Fuente: ETABS 2016 (*Computers and structures*)

- Carga por sismos

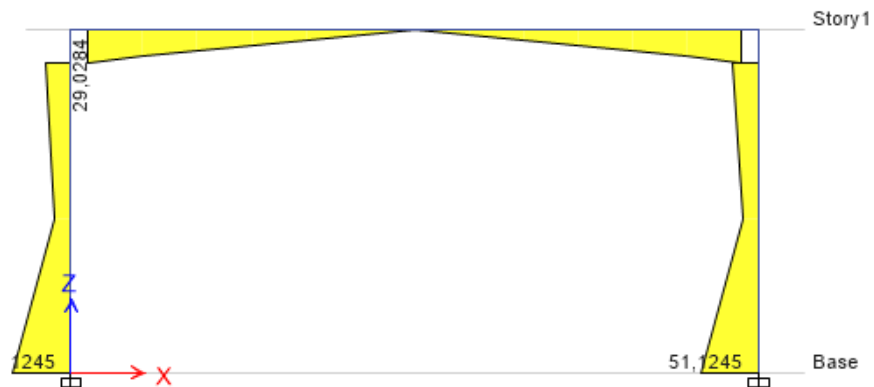


Figura 34. Carga de los sismos

Fuente: ETABS 2016 (*Computers and structures*)

- Mirar lo más crítico por las combinaciones por la envolvente por la más critica

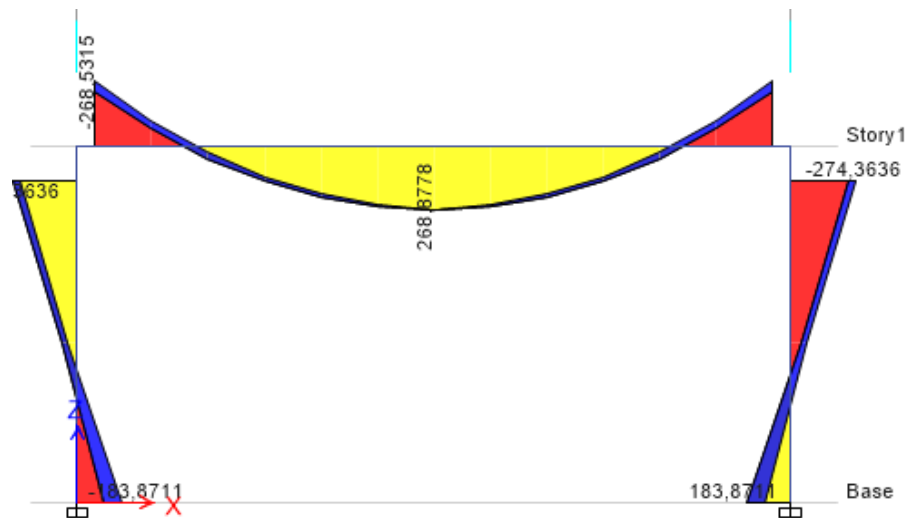


Figura 35. Carga Envolvente

Fuente: ETABS 2016 (*Computers and structures*)

- Se corre el programa y se verifica la deformación por sismos en donde nos arroja el resultado de la deformación en el eje x, es decir parte dinámica.

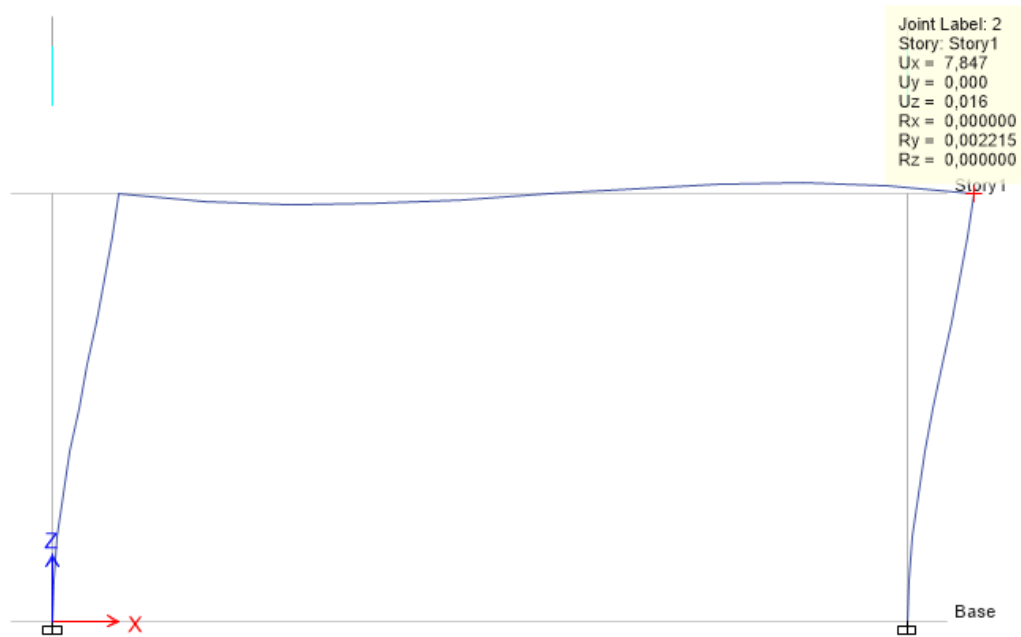


Figura 36. Deformación eje x deriva dinámica

Fuente: ETABS 2016 (*Computers and structures*)

Deformación	7,847
-------------	-------

- Calcular los aceros de refuerzos tomamos la envolvente la cual es el caso más crítico respecto a las seis combinaciones.

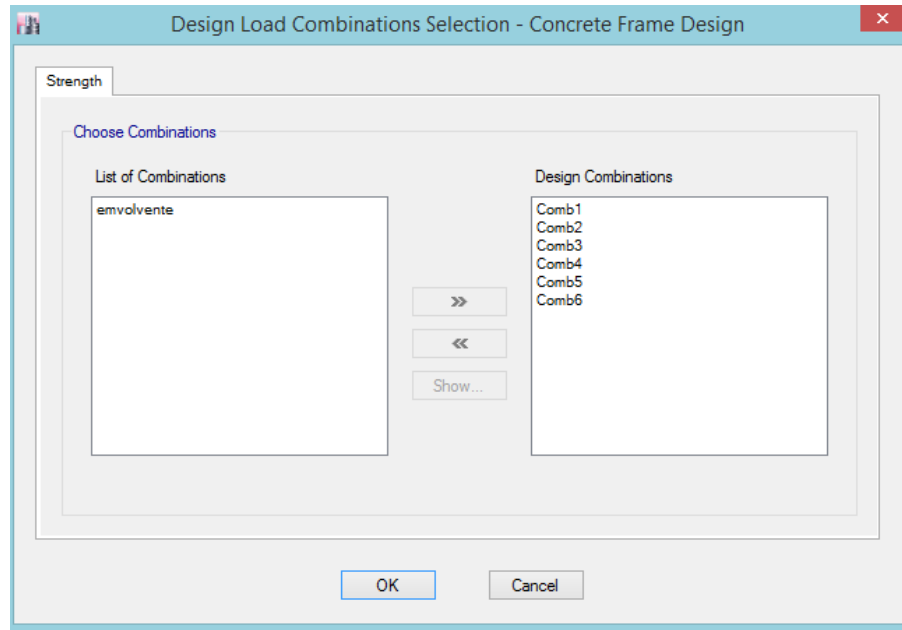


Figura 37. Sección de combinaciones

Fuente: ETABS 2016 (*Computers and structures*)

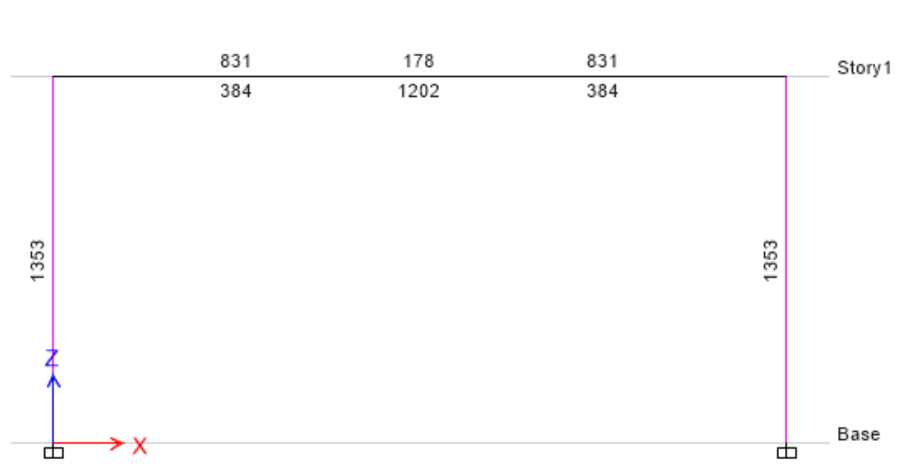


Figura 38. Acero de Refuerzo

Fuente: ETABS 2016 (*Computers and structures*)

- Se realiza el mismo procedimiento para la cuantía de la estructura, donde se arrojó los valores en los rangos normales.

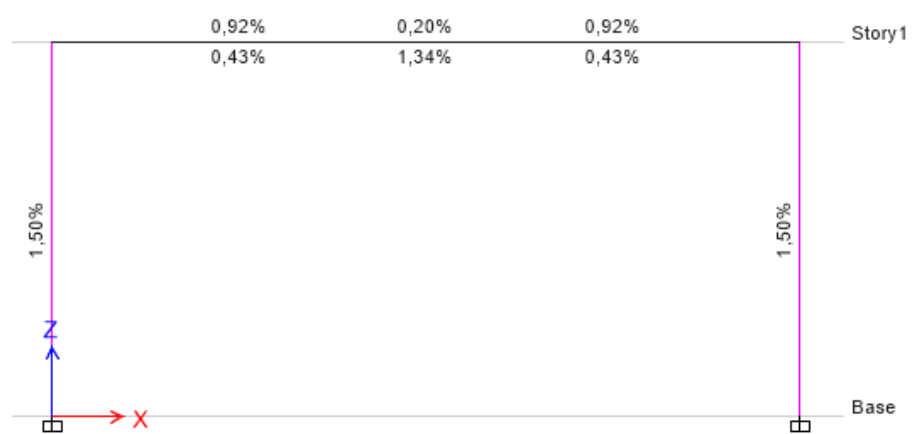


Figura 39. Cuantía de la estructura

Fuente: ETABS 2016 (*Computers and structures*)

Tabla 9. Estándar adoptada por la norma sismo-resistente Colombiana NSR-10.

Designación de la barra (véase la nota)	Diámetro de referencia en pulgadas	DIMENSIONES NOMINALES			Masa kg/m
		Diámetro mm	Area mm ²	Perímetro mm	
No. 2	1/4"	6.4	32	20.0	0.250
No. 3	3/8"	9.5	71	30.0	0.560
No. 4	1/2"	12.7	129	40.0	0.994
No. 5	5/8"	15.9	199	50.0	1.552
No. 6	3/4"	19.1	284	60.0	2.235
No. 7	7/8"	22.2	387	70.0	3.042
No. 8	1"	25.4	510	80.0	3.973
No. 9	1-1/8"	28.7	645	90.0	5.060
No. 10	1-1/4"	32.3	819	101.3	6.404
No. 11	1-3/8"	35.8	1006	112.5	7.907
No. 14	1-3/4"	43.0	1452	135.1	11.380
No. 18	2-1/4"	57.3	2581	180.1	20.240

- # varillas viga
 - Superior:

$$As_{perno} = p \cdot b \cdot d$$

$$As_{perno} = 0,0092 \cdot 300 \cdot 260$$

$$As_{perno} = 717,6 \text{ mm}^2$$

$$\#Barras = \frac{As \text{ diseño}}{Area \text{ seccion barra}}$$

$$\#Barras = \frac{717,6mm^2}{286} = 3,60 \approx 4\#6$$

- Inferior

$$As_{perno} = p \cdot b \cdot d$$

$$As_{perno} = 0,0134 \cdot 300 \cdot 260$$

$$As_{perno} = 1045,2 \text{ mm}^2$$

$$\#Barras = \frac{As \text{ diseño}}{Area \text{ seccion barra}}$$

$$\#Barras = \frac{1045,2mm^2}{286} = 4\#6$$

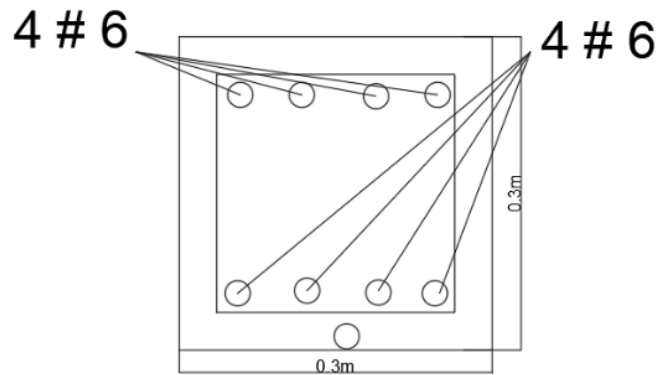


figura 40. # Barras en la viga.

- # Varillas columna

$$As_{perno} = p \cdot b \cdot d$$

$$As_{perno} = 0,015 \cdot 300 \cdot 300$$

$$As_{perno} = 1350 \text{ mm}^2$$

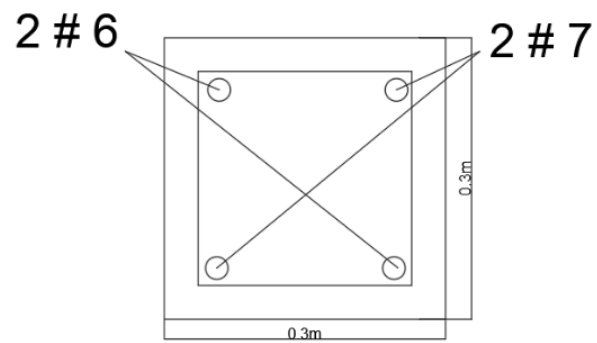


figura 41. #barras en la columna.

Donde:

$$2*286=572+387*2$$

=13
46
→
cum
ple

6.3. REACCIONES

- Combinaciones envolventes

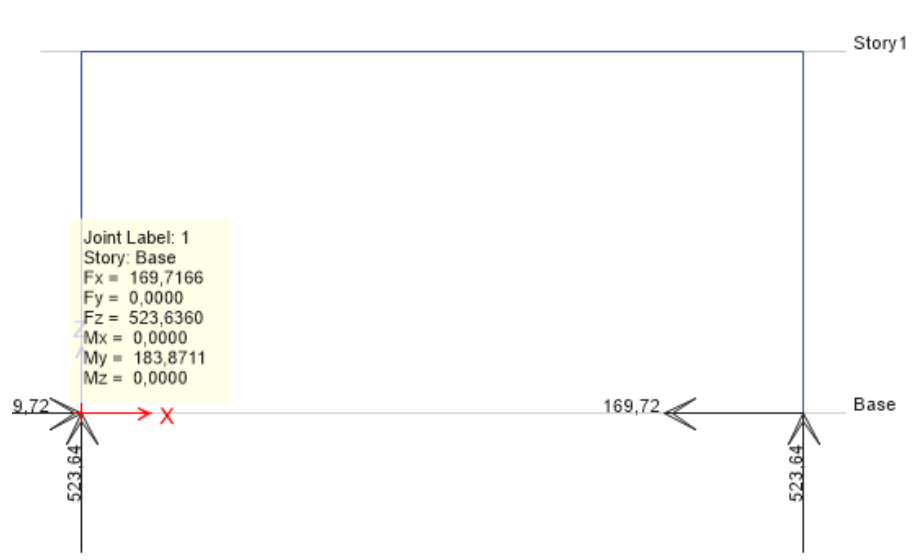


Figura 42. Combinaciones de la envolvente

Fuente: ETABS 2016 (*Computers and structures*)

- Para la carga sismo en x encontramos los valores:

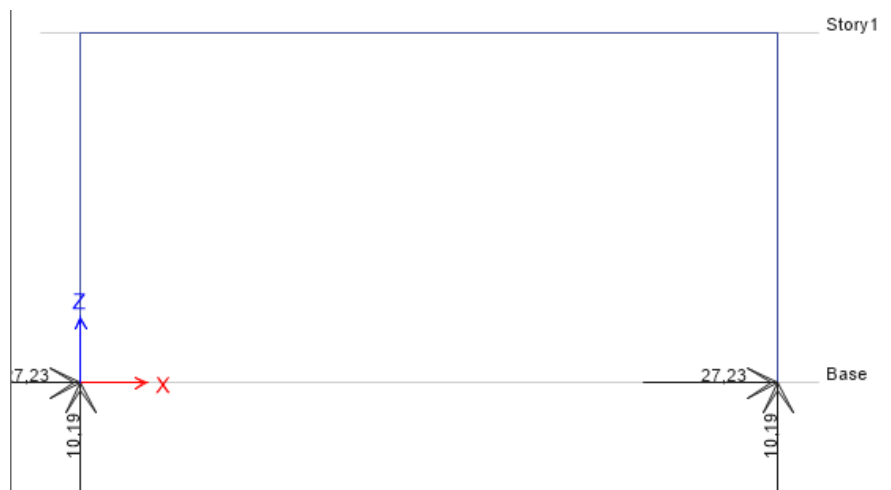


Figura 43. Carga de sismos

Fuente: ETABS 2016 (*Computers and structures*)

6.4. COMPARACION DEL METODO ELASTICO ESTATICO PORTICO N1

- Se define una carga manual de sismo para realizar el análisis estático

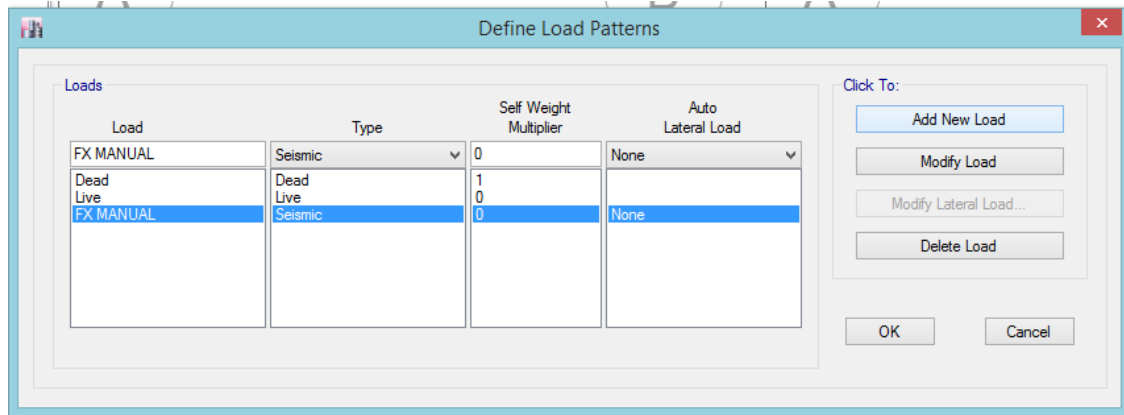


Figura 44. Carga Sismo manual

Fuente: ETABS 2016 (*Computers and structures*)

- Se crea esta fuerza de sismo con características anteriormente analizadas.

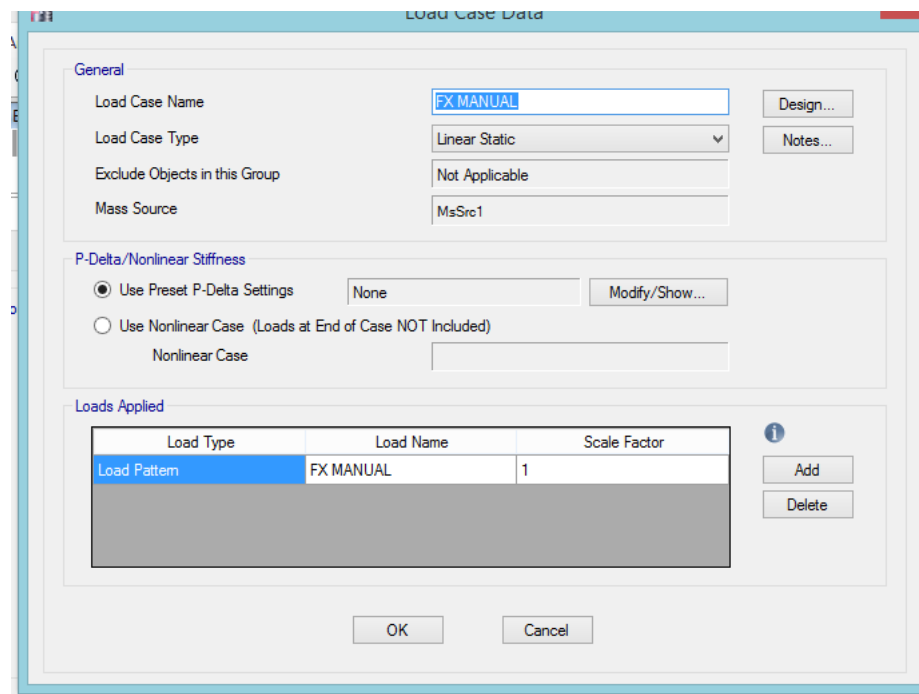


Figura 45. Carga Sismo manual

Fuente: ETABS 2016 (*Computers and structures*)

- Se aplica adicionalmente una fuerza en la parte superior de la estructura en el eje horizontal con el fin de realizar la modelación del pórtico.

$$\text{Fuerza horizontal} = 12 \cdot 6 \cdot 0,5625$$

$$\text{Fuerza horizontal} = 40,5$$

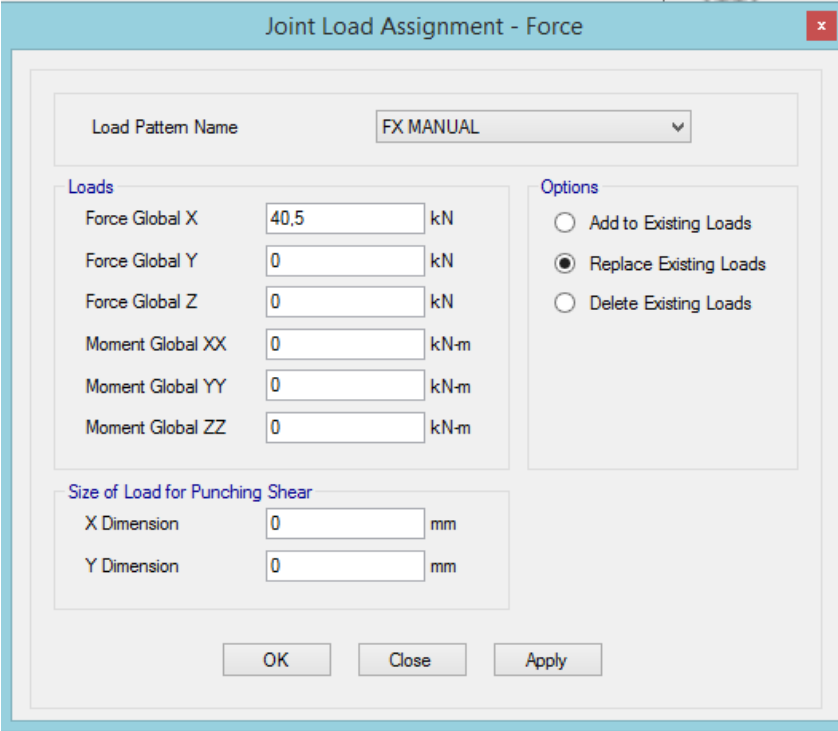


Figura 46. Fuerza horizontal en el eje x

Fuente: ETABS 2016 (*Computers and structures*)

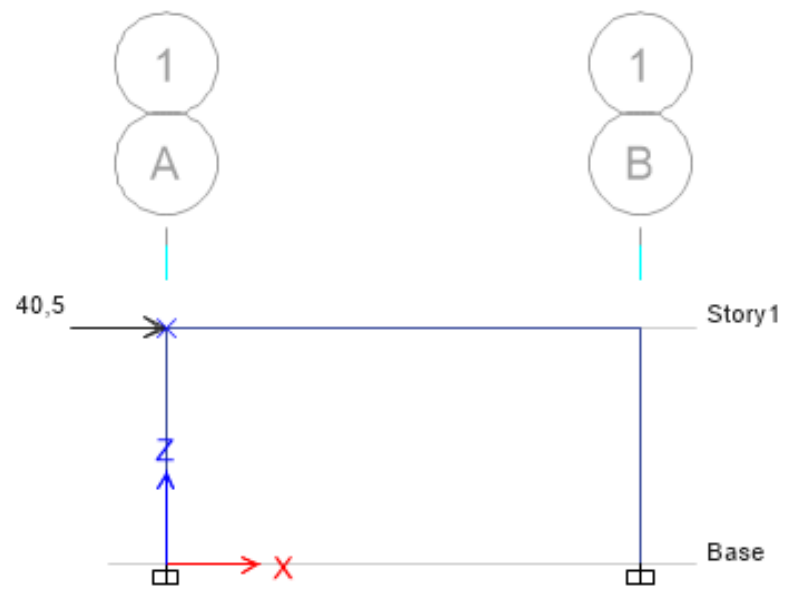


Figura 47. Aplicación carga sismo eje x

Fuente: ETABS 2016 (*Computers and structures*)

- Se muestran las reacciones en la estructura.

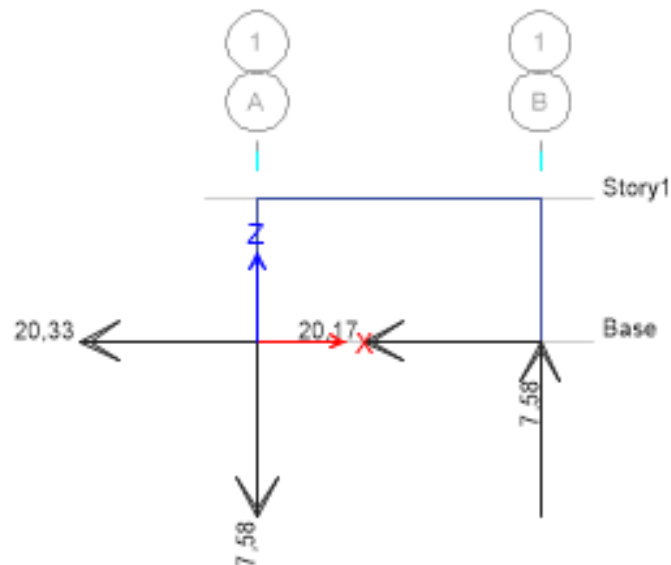


Figura 48. Reaccione de la estructura

Fuente: ETABS 2016 (*Computers and structures*)

- Deriva de la estructura por el método estático elástico, es decir sin la fuerza sísmica.

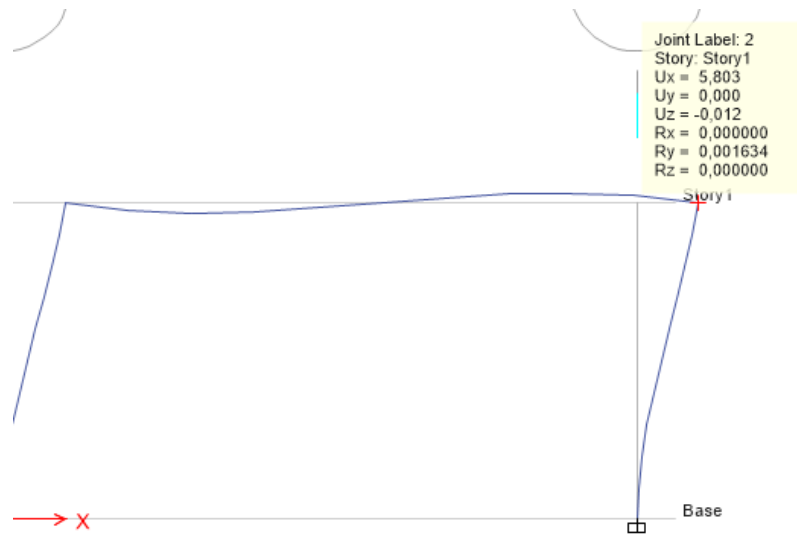


Figura 49. Deriva de la estructura estática

Fuente: ETABS 2016 (*Computers and structures*)

Deformación eje X	5,803
-------------------	-------

- Momentos parte estatica

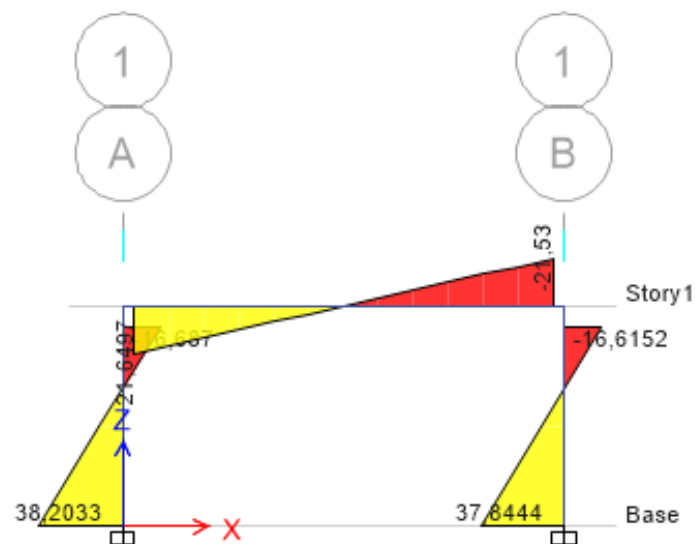


Figura 50. Momentos de la estructura modelo estático

Fuente: ETABS 2016 (*Computers and structures*)

- Aceros de refuerzo parte estática

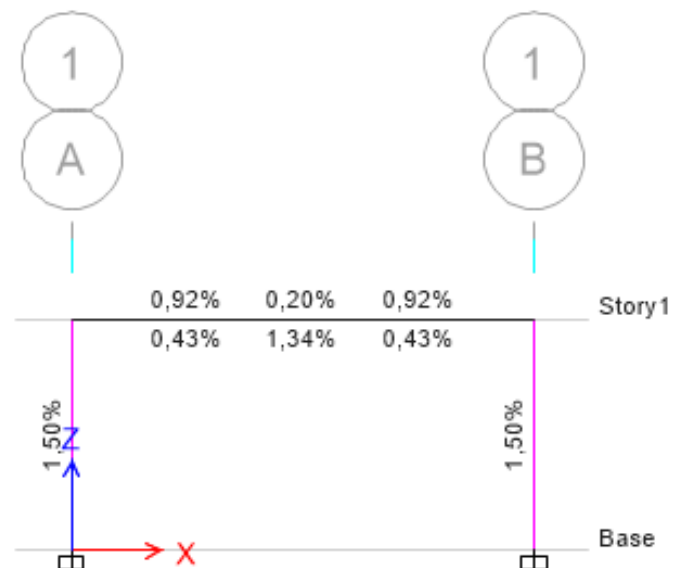


Figura 51. Aceros de refuerzo parte estática

Fuente: ETABS 2016 (*Computers and structures*)

7. COMPARACIÓN DEL MÉTODO ELÁSTICO ESTÁTICO CON DINÁMICO

A continuación, se hace la comparación de los otros pórticos desde el segundo hasta el número 20, para cada uno de ellos se van a evaluar los parámetros como lo son momentos, derivas, reacciones y acero de refuerzo.

7.1. MODELACIÓN PÓRTICO 02:

Para la configuración estática y dinámica, el pórtico arroja el siguiente resultado en los apoyos.

- Estática

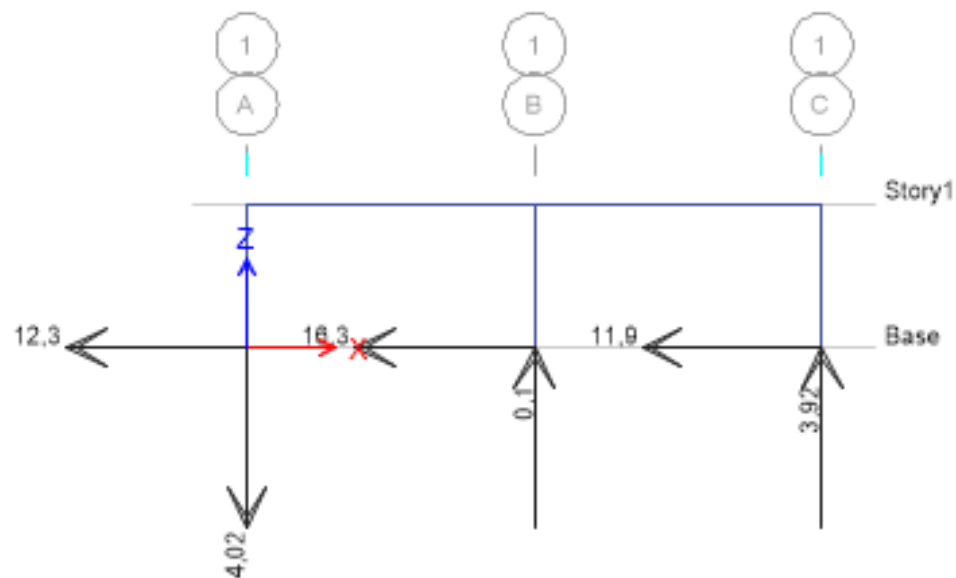


Figura 52. Modelación Estática de Reacciones pórtico 2

Fuente: ETABS 2016 (*Computers and structures*)

- Dinámica

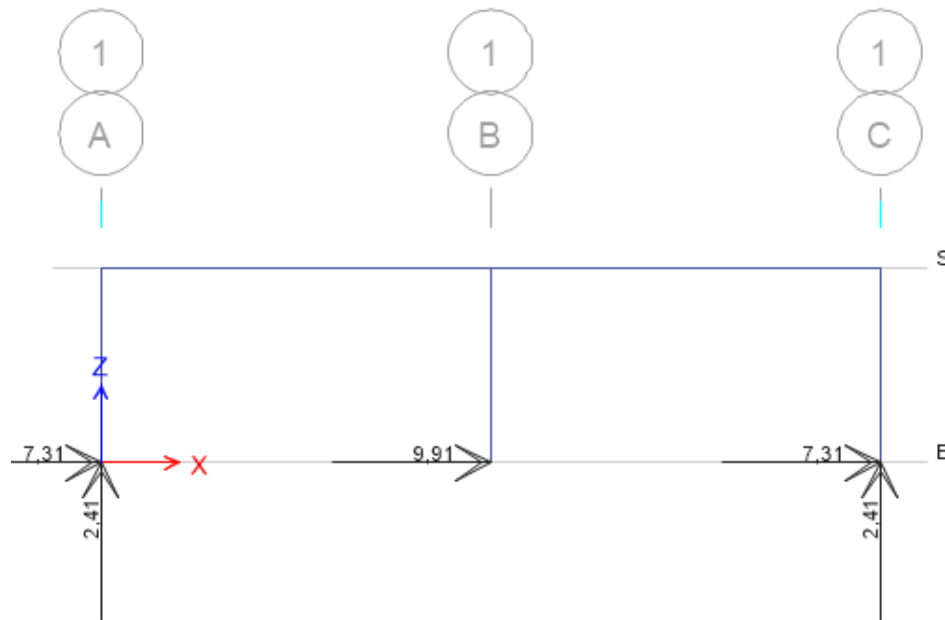


Figura 53. Modelación Dinámica de Reacciones pórtico 2

Fuente: ETABS 2016 (*Computers and structures*)

Respecto a las derivas obtenemos los siguientes resultados

- Estática

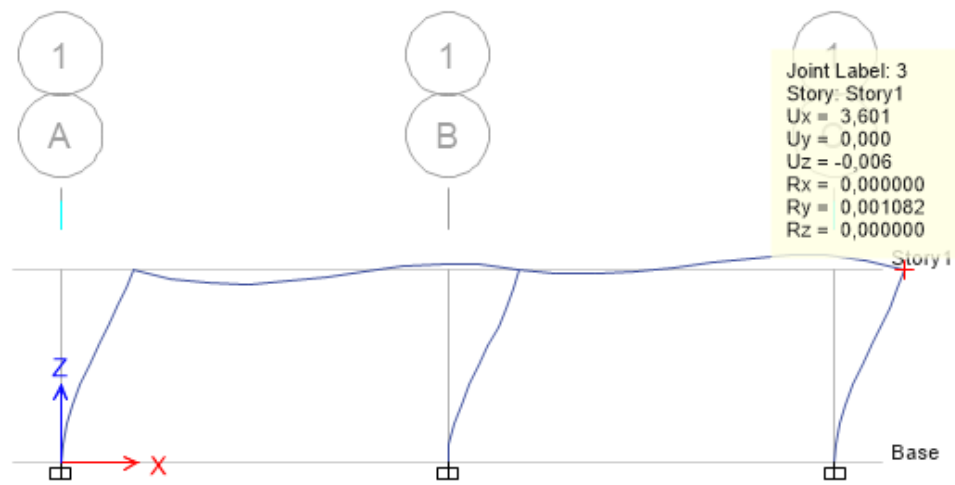


Figura 54. Derivas Estáticas pórtico 2

Fuente: ETABS 2016 (*Computers and structures*)

- Dinámica

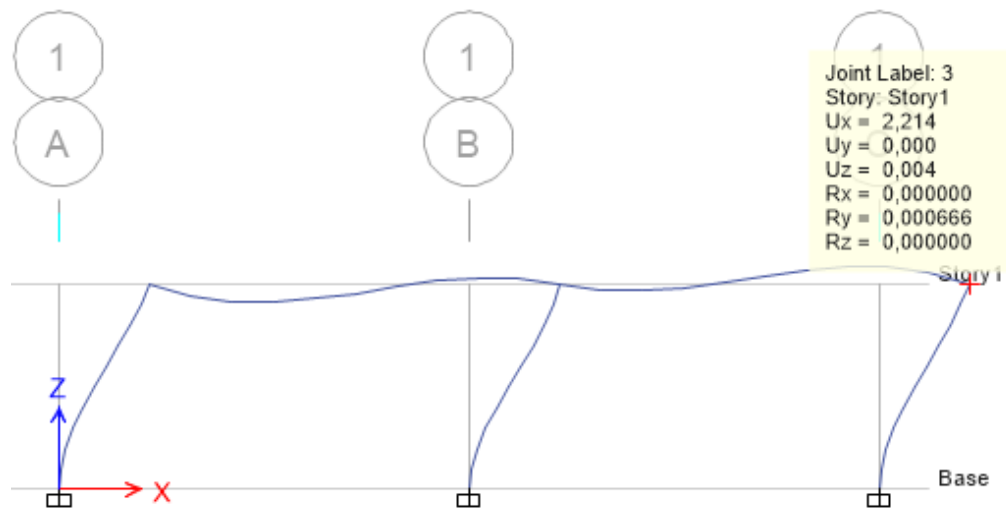


Figura 55. Derivas Dinámicas pórtico 2

Fuente: ETABS 2016 (*Computers and structures*)

Tabla 10. Comparación derivas tabuladas pórtico 2

Estático		Dinámico	
Ux	3,601	Ux	2,215
Uy	0	Uy	0
Uz	-0,006	Uz	0,004
Rx	0	Rx	0
Ry	0,001082	Ry	0,000666
Rz	0	Rz	0

Fuente: Autores

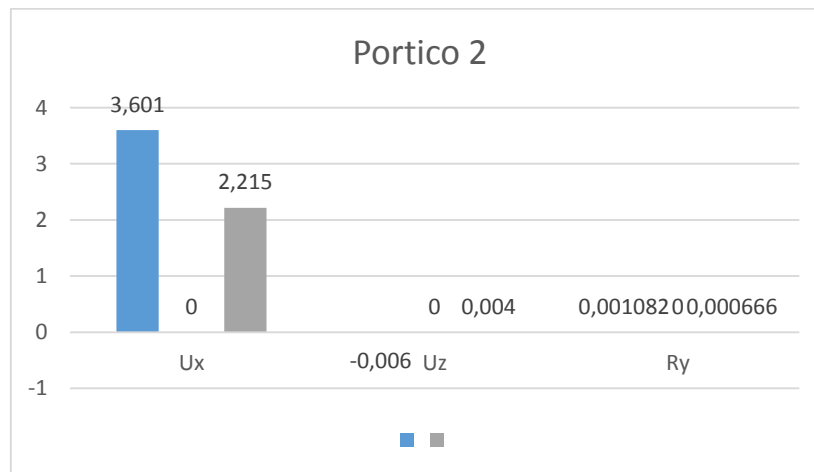


Figura 56. Comparación derivas pórtico 2

Fuente: Autores

Respecto al momento de sismos en cargas estáticas encontraremos lo referente a la gráfica de cargas muertas y en la parte dinámica, lo referente al espectro de diseño. Como requisito en el momento de la aplicación de sismos este tiene que estar en la opción de momentos 3-3 con el fin que se vea reflejado el momento más relevante.

- Estático

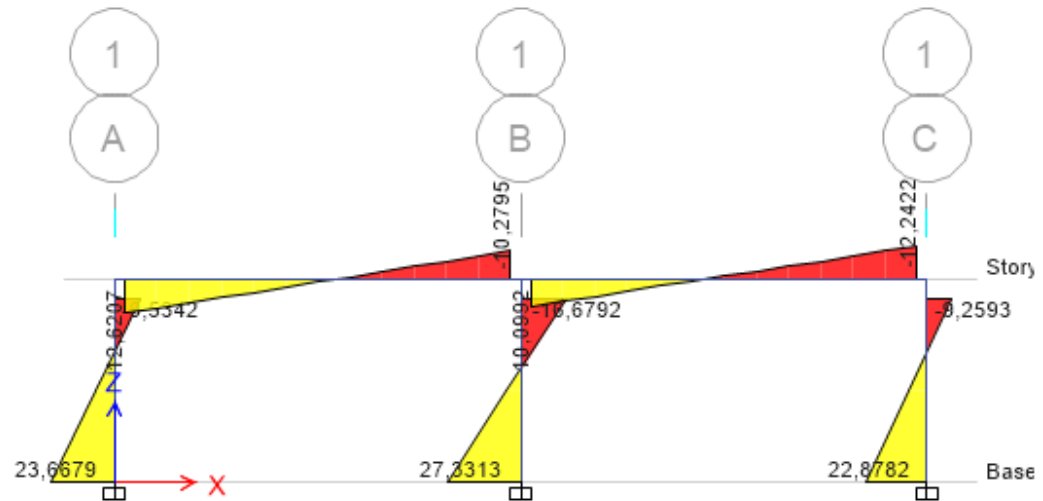


Figura 57. Graficas de Cargas estáticas pórtico 2

Fuente: ETABS 2016 (*Computers and structures*)

- Dinámica

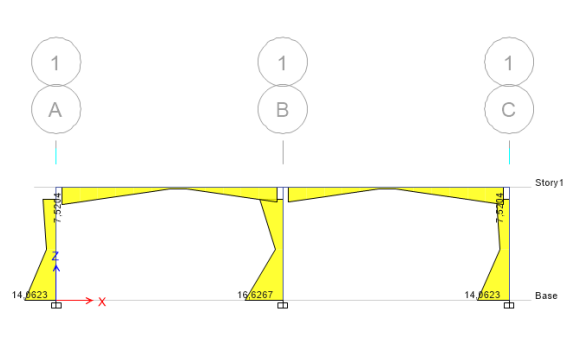
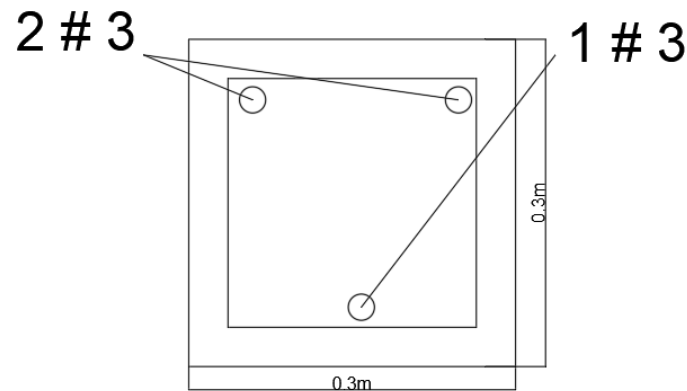


Figura 58. Graficas de Cargas dinámicas pórtico 2

Fuente: ETABS 2016 (*Computers and structures*)

- Diseño de refuerzos

- Viga



$$As_{perno} = p \cdot b \cdot d$$

$$As_{perno} = 0,0014 \cdot 300 \cdot 260$$

$$As_{perno} = 109,2 \text{ mm}^2$$

$$\#Barras = \frac{As_{diseño}}{Area_{sección\ barra}}$$

$$\#Barras = \frac{109,2 \text{ mm}^2}{71} = 1,54 \approx 2\#3$$

- Inferior

$$As_{perno} = p \cdot b \cdot d$$

$$As_{perno} = 0,0008 \cdot 300 \cdot 260$$

$$As_{perno} = 62,4 \text{ mm}^2$$

$$\#Barras = \frac{As_{diseño}}{Area_{sección\ barra}}$$

$$\#Barras = \frac{62,4 \text{ mm}^2}{71} = 0,88 = 1\#3$$

- Columna

$$As_{perno} = p \cdot b \cdot d$$

$$As_{perno} = 0,010 \cdot 300 \cdot 300$$

$$As_{perno} = 900 \text{ mm}^2$$

Donde:

$$2*284=568+199*2$$

$$=966 \text{ CUMPLE}$$

7.2. Modelación Pórtico 03:

Para este pórtico encontramos las reacciones en ambos ejes de la siguiente forma:

- Estática

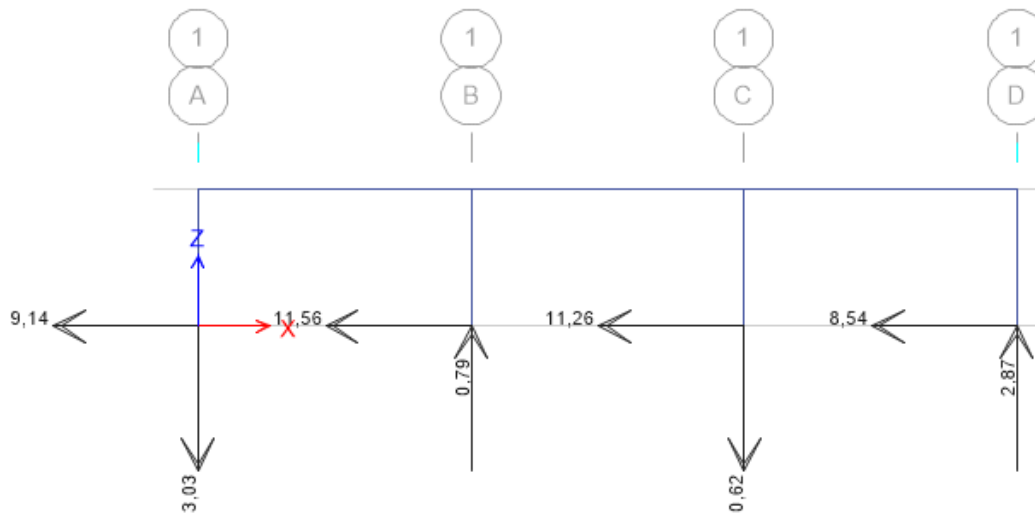


Figura 59. Modelación Estática de Reacciones pórtico 3

Fuente: ETABS 2016 (*Computers and structures*)

- Dinámica

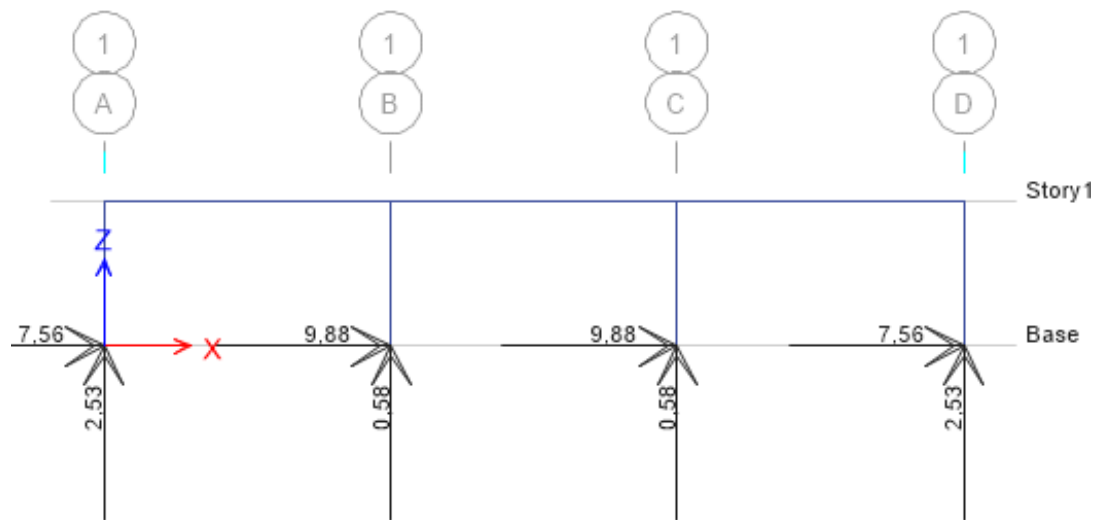


Figura 60. Modelación Dinámica de Reacciones pórtico 3

Fuente: ETABS 2016 (*Computers and structures*)

En las derivas encontramos:

- Estática

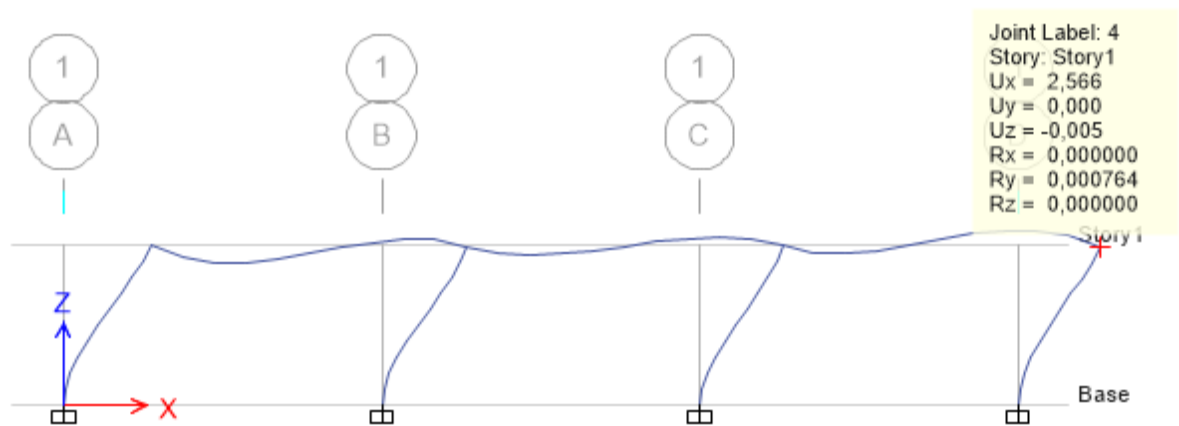


Figura 61. Derivas Estáticas pórtico 3

Fuente: ETABS 2016 (*Computers and structures*)

- Dinámica

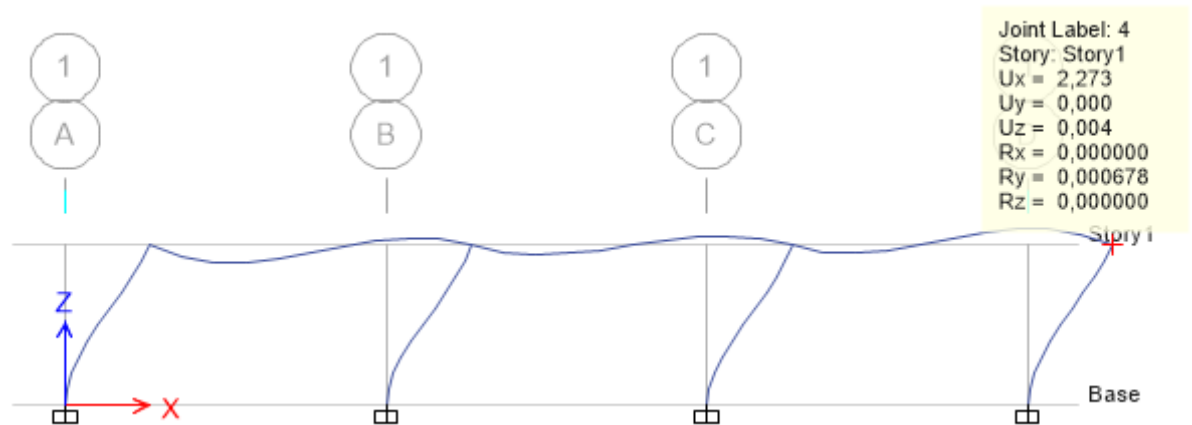


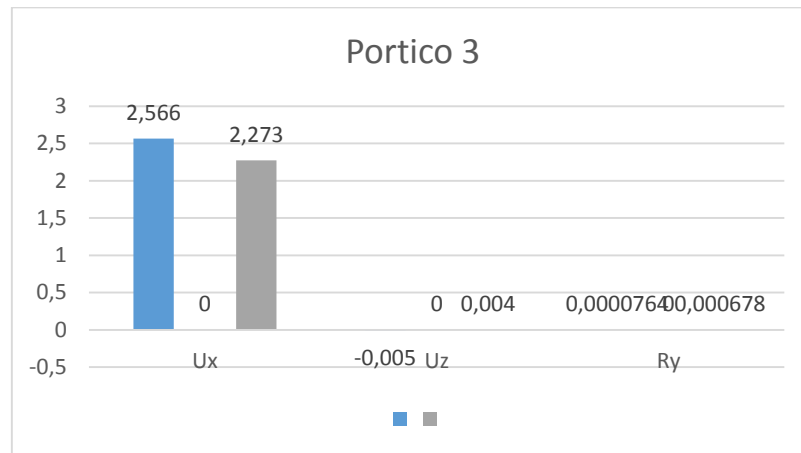
Figura 62. Derivas Dinámicas pórtico 3

Fuente: ETABS 2016 (*Computers and structures*)

Tabla 11. Comparación derivas tabuladas pórtico 3

Estático		Dinámico	
Ux	2,566	Ux	2,273
Uy	0	Uy	0
Uz	-0,005	Uz	0,004
Rx	0	Rx	0
Ry	0,0000764	Ry	0,000678
Rz	0	Rz	0

Fuente: Autores



Fuente: ETABS 2016 (*Computers and structures*)

- Dinámica

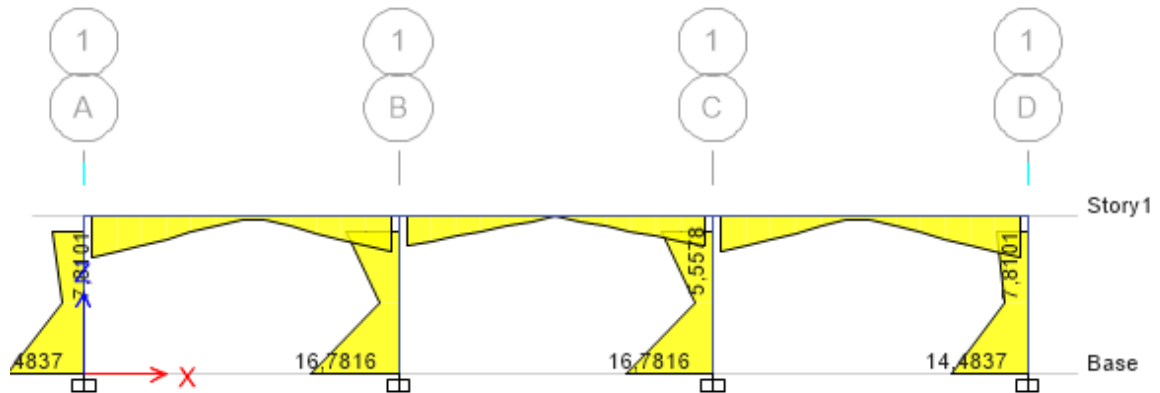
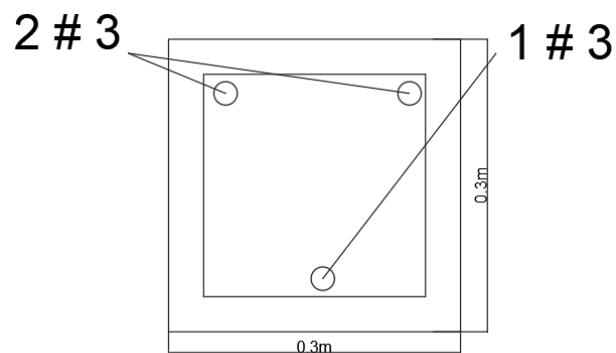


Figura 65. Graficas de Cargas Dinámicas pórtico 3

Fuente: ETABS 2016 (*Computers and structures*)

- Diseño de refuerzos

- Viga



$$As_{perno} = p \cdot b \cdot d$$

$$As_{perno} = 0,0026 \cdot 300 \cdot 260$$

$$As_{perno} = 202,8 \text{ mm}^2$$

$$\#Barras = \frac{As \text{ diseño}}{Area \text{ seccion barra}}$$

$$\#Barras = \frac{202.8mm^2}{129} = 1,57 \approx 2\#3$$

- Inferior

$$Asperno = p * b * d$$

$$Asperno = 0,0011 * 300 * 260$$

$$Asperno = 99 \text{ mm}^2$$

$$\#Barras = \frac{As \text{ diseño}}{Area \text{ seccion barra}}$$

$$\#Barras = \frac{99mm^2}{129} = 0,76 = 1\#3$$

7.3. Modelación Pórtico 04:

Para este pórtico encontramos las reacciones en ambos ejes de la siguiente forma:

- Estática

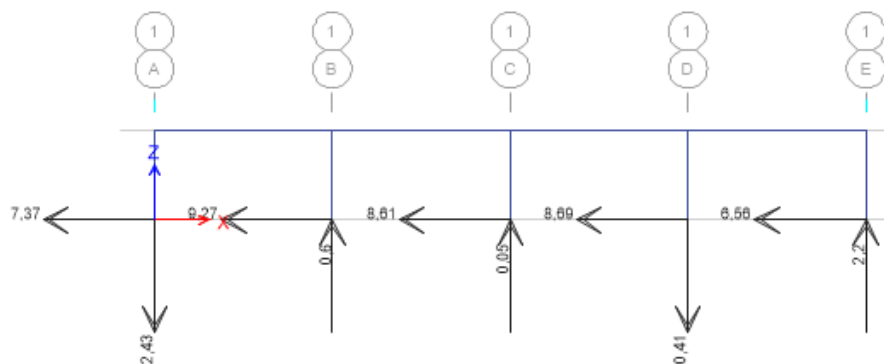


Figura 66. Modelación Estática de Reacciones pórtico 4

Fuente: ETABS 2016 (*Computers and structures*)

- Dinámica

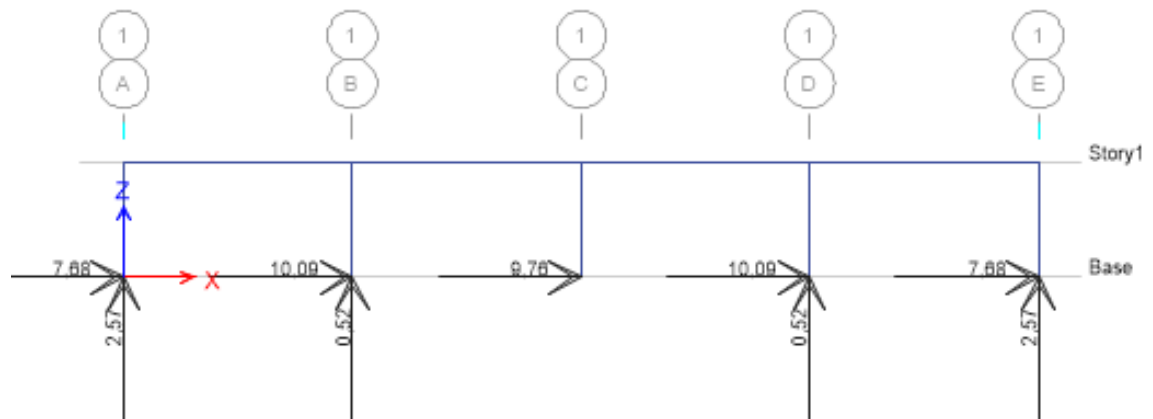


Figura 67. Modelación Dinámica de Reacciones pórtico 4

Fuente: ETABS 2016 (*Computers and structures*)

En las derivas encontramos:

- Estática

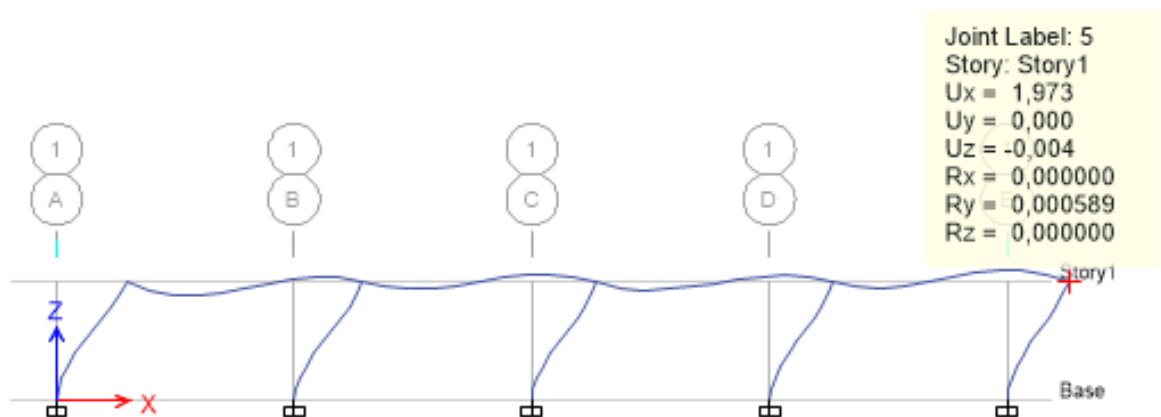


Figura 68. Derivas Estáticas pórtico 4

Fuente: ETABS 2016 (*Computers and structures*)

- Dinámica

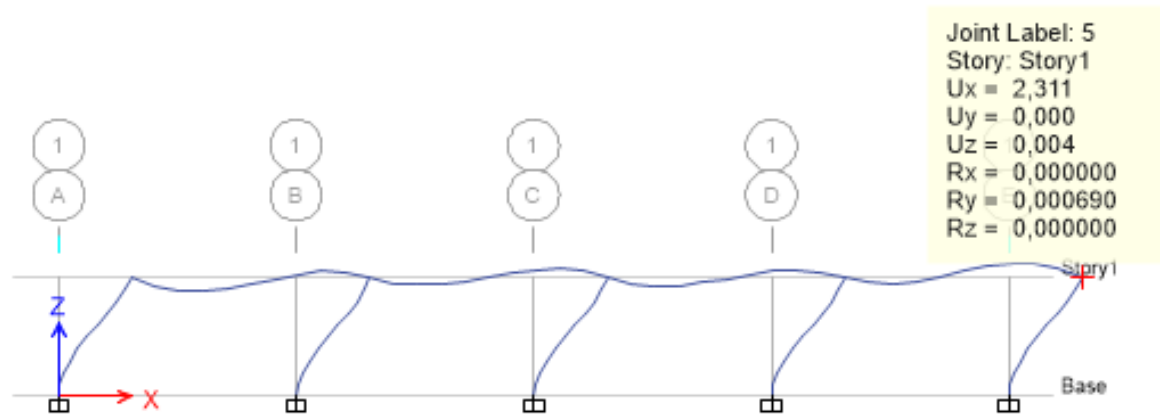


Figura 69. Derivas Dinámicas pórtico 4

Fuente: ETABS 2016 (*Computers and structures*)

Tabla 12 Comparación derivas tabuladas pórtico 4

Estático		Dinámico	
Ux	1,973	Ux	2,311
Uy	0	Uy	0
Uz	-0,004	Uz	0,004
Rx	0	Rx	0
Ry	0,0000589	Ry	0,00069
Rz	0	Rz	0

Fuente: Autores

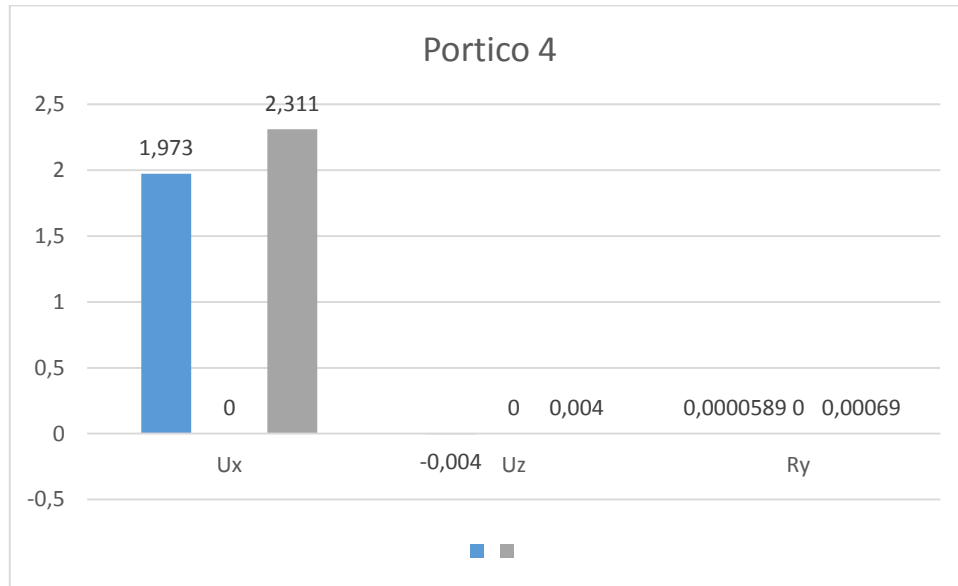


Figura 70. Comparación derivas pórtico 4

Fuente: Autores

Respecto al momento de sismos en cargas estáticas encontraremos lo referente a la gráfica de cargas muertas y en la parte dinámica a lo referente al espectro de diseño. Como requisito en el momento de la aplicación de sismos este tiene que estar en la opción de momentos 3-3 con el fin que se vea reflejado el momento más relevante.

- Estática

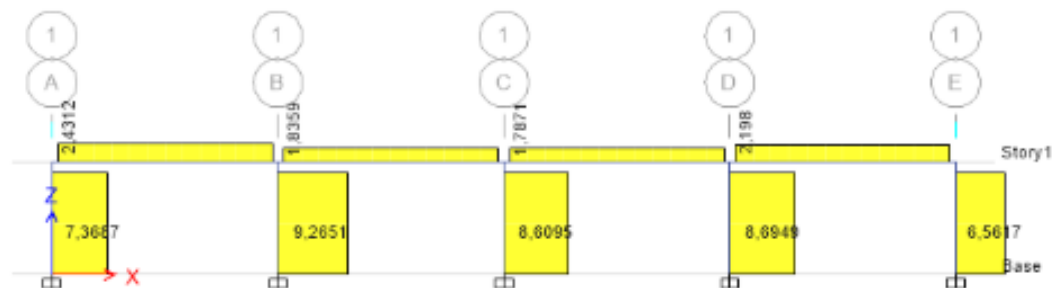


Figura 71. Graficas de Cargas estáticas pórtico 4

Fuente: ETABS 2016 (*Computers and structures*)

- Dinámica

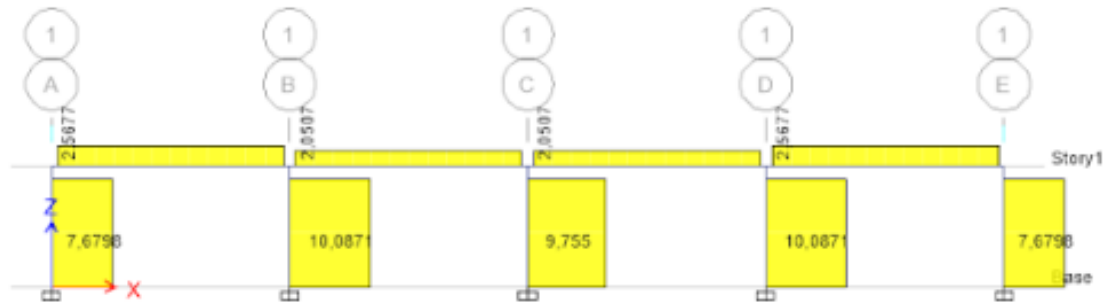
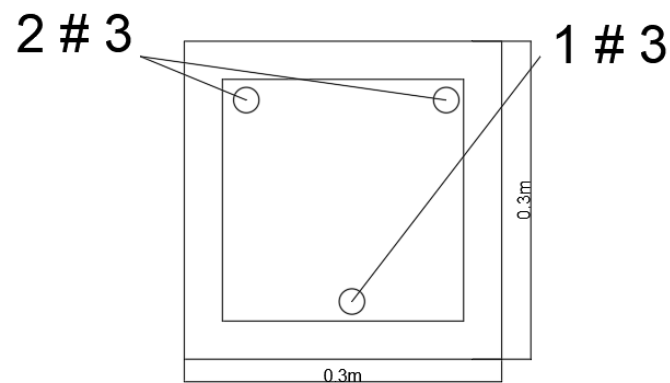


Figura 72. Graficas de Cargas Dinámicas pórtico 4

Fuente: ETABS 2016 (*Computers and structures*)

- Diseños de refuerzos

- viga



$$A_{\text{perno}} = p \cdot b \cdot d$$

$$A_{\text{perno}} = 0,0014 \cdot 300 \cdot 260$$

$$A_{\text{perno}} = 109,2 \text{ mm}^2$$

$$\# \text{Barras} = \frac{A_{\text{diseño}}}{\text{Area seccion barra}}$$

$$\# \text{Barras} = \frac{109,2 \text{ mm}^2}{71} = 1,54 \approx 2 \# 3$$

- Inferior

$$As_{perno} = p \cdot b \cdot d$$

$$As_{perno} = 0,0008 \cdot 300 \cdot 260$$

$$As_{perno} = 62,4 \text{ mm}^2$$

$$\#Barras = \frac{As_{diseño}}{Area_{sección\ barra}}$$

$$\#Barras = \frac{62,4 \text{ mm}^2}{71} = 0,88 = 1\#3$$

7.4. MODELACIÓN PÓRTICO 05:

Para este pórtico encontramos las reacciones en ambos ejes de la siguiente forma:

- Estática

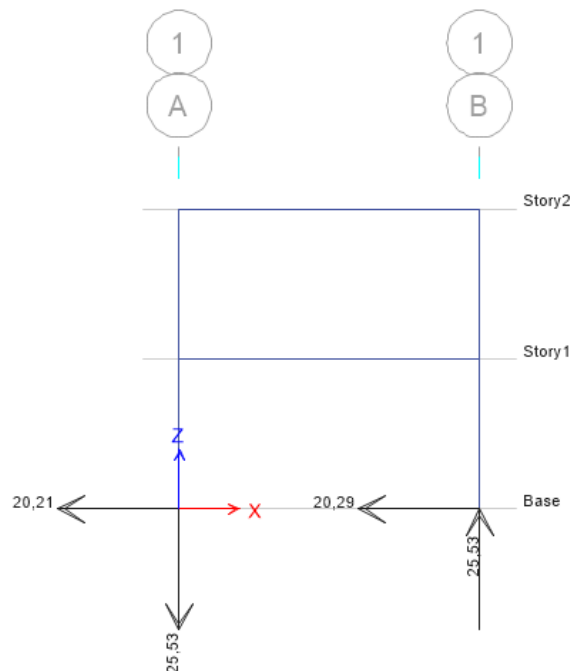


Figura 73. Modelación Estática de Reacciones pórtico 5

Fuente: ETABS 2016 (*Computers and structures*)

- Dinámica

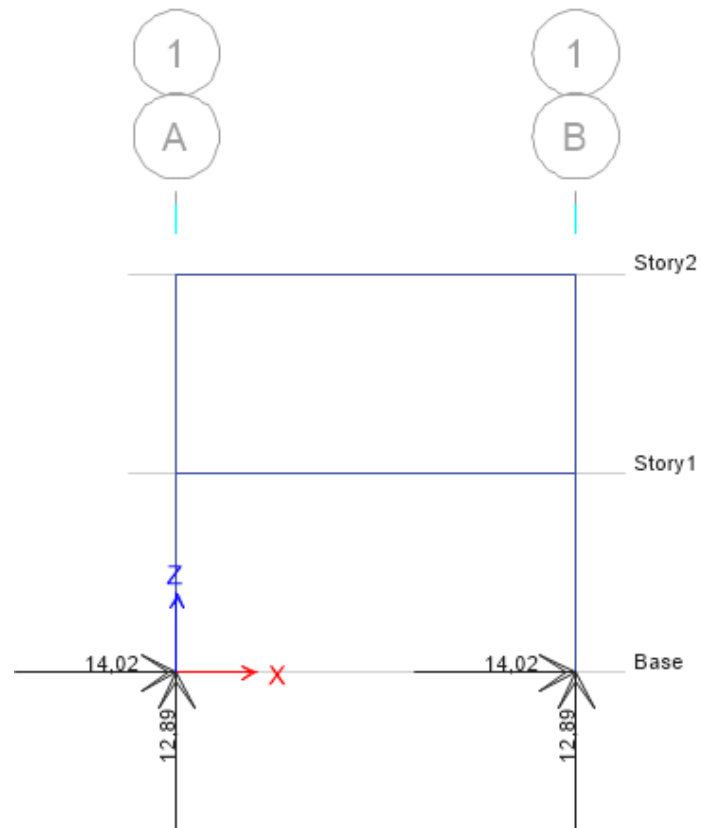


Figura 74. Modelación Dinámica de Reacciones pórtico 5

Fuente: ETABS 2016 (*Computers and structures*)

En las derivas encontramos:

- Estática

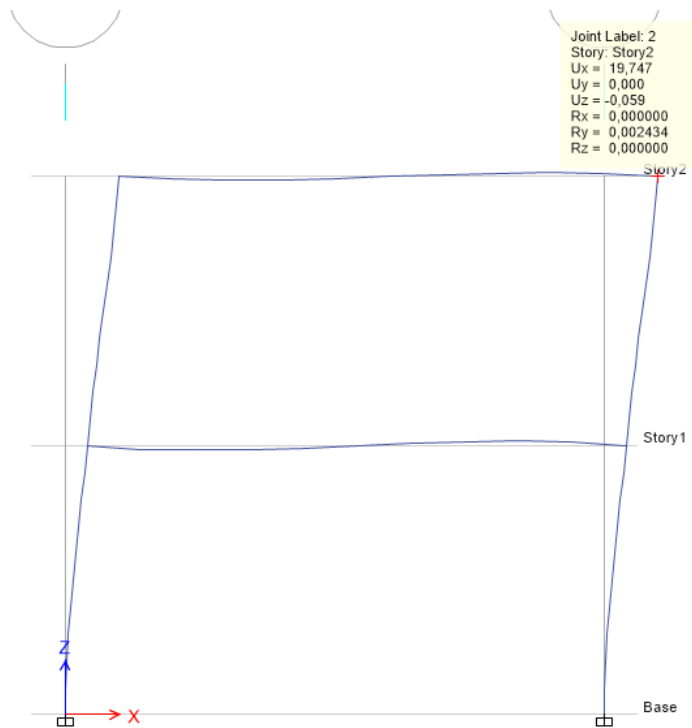


Figura 75. Derivas Estáticas pórtico 5

Fuente: ETABS 2016 (*Computers and structures*)

- Dinámica

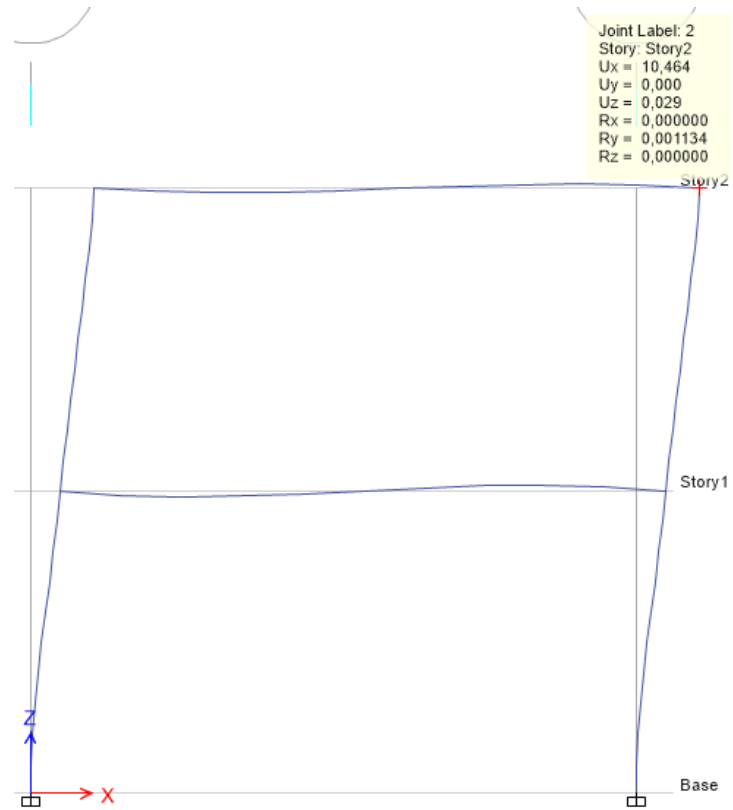


Figura 76. Derivas Dinámicas pórtico 5

Fuente: ETABS 2016 (*Computers and structures*)

Tabla 13. Comparación derivas tabuladas pórtico 5

Estático		Dinámico	
Ux	10,464	Ux	19,747
Uy	0	Uy	0
Uz	-0,029	Uz	-0,059
Rx	0	Rx	0
Ry	0,001134	Ry	0,002434
Rz	0	Rz	0

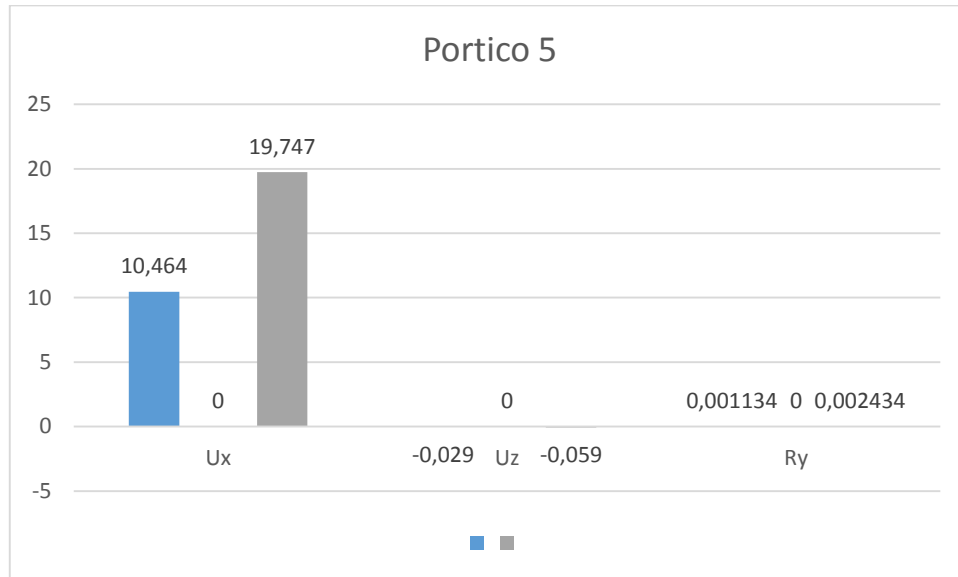


Figura 77. Comparación derivas pórtico 5

Fuente: Autores

Respecto al momento de sismos en cargas estáticas encontraremos lo referente a la gráfica de cargas muertas y en la parte dinámica a lo referente al espectro de diseño. Como requisito en el momento de la aplicación de sismos este tiene que estar en la opción de momentos 3-3 con el fin que se vea reflejado el momento más relevante.

- Estática

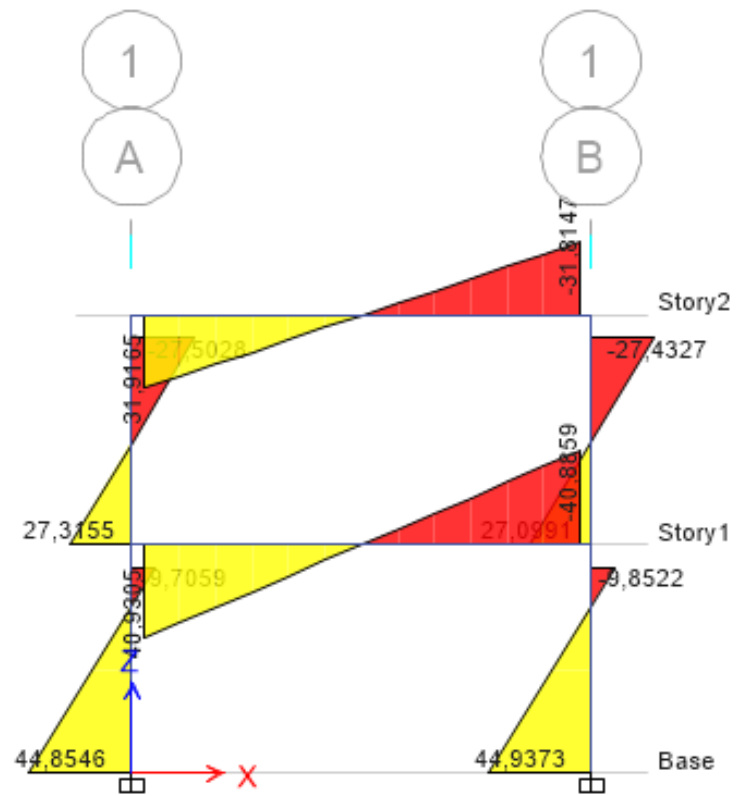


Figura 78. Graficas de Cargas estáticas pórtico 5

Fuente: ETABS 2016 (*Computers and structures*)

- Dinámica

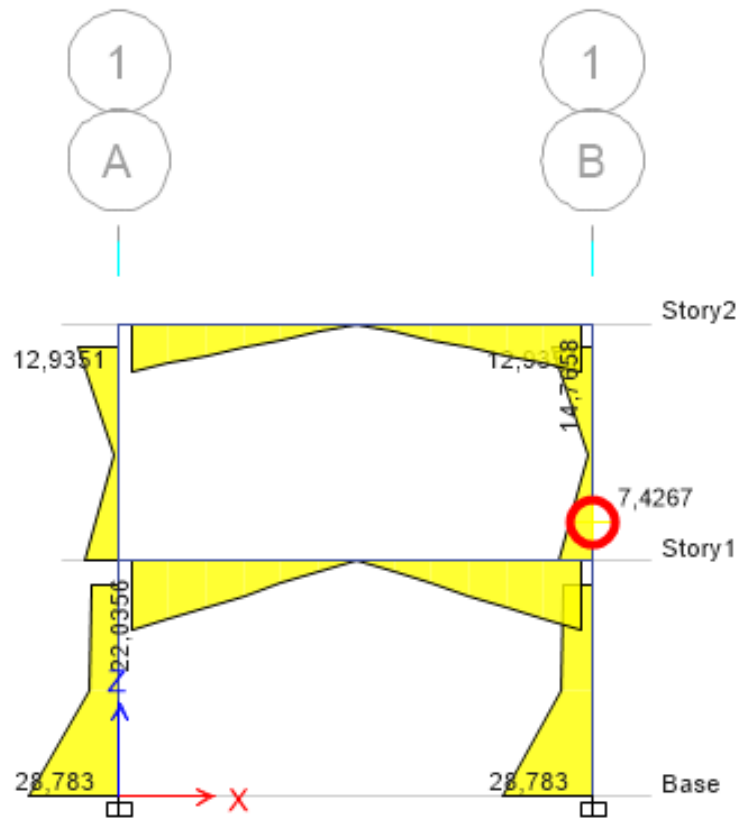
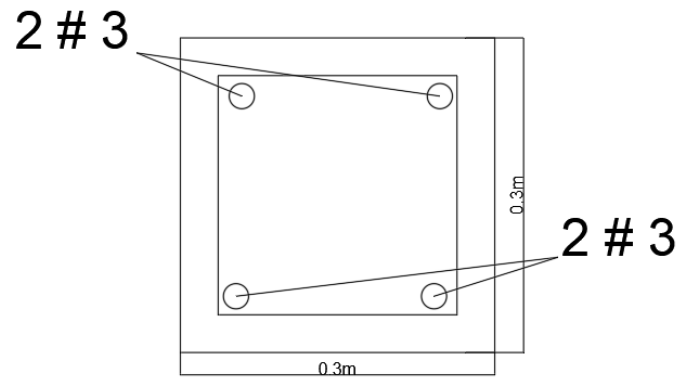


Figura 79. Graficas de Cargas Dinámicas pórtico 5

Fuente: ETABS 2016 (*Computers and structures*)

- Diseño de refuerzos
 - Viga



$$As_{perno} = p \cdot b \cdot d$$

$$As_{perno} = 0,0012 \cdot 300 \cdot 260$$

$$As_{perno} = 93,6 \text{ mm}^2$$

$$\#Barras = \frac{As_{diseño}}{Area_{sección\ barra}}$$

$$\#Barras = \frac{93,6 \text{ mm}^2}{71} = 1,31 \approx 2\#3$$

- Inferior

$$As_{perno} = p \cdot b \cdot d$$

$$As_{perno} = 0,0009 \cdot 300 \cdot 260$$

$$As_{perno} = 81 \text{ mm}^2$$

$$\#Barras = \frac{As_{diseño}}{Area_{sección\ barra}}$$

$$\#Barras = \frac{81 \text{ mm}^2}{71} = 1,14 = 2\#3$$

7.5. MODELACIÓN PÓRTICO 06:

Para este pórtico encontramos las reacciones en ambos ejes de la siguiente forma:

- Estática

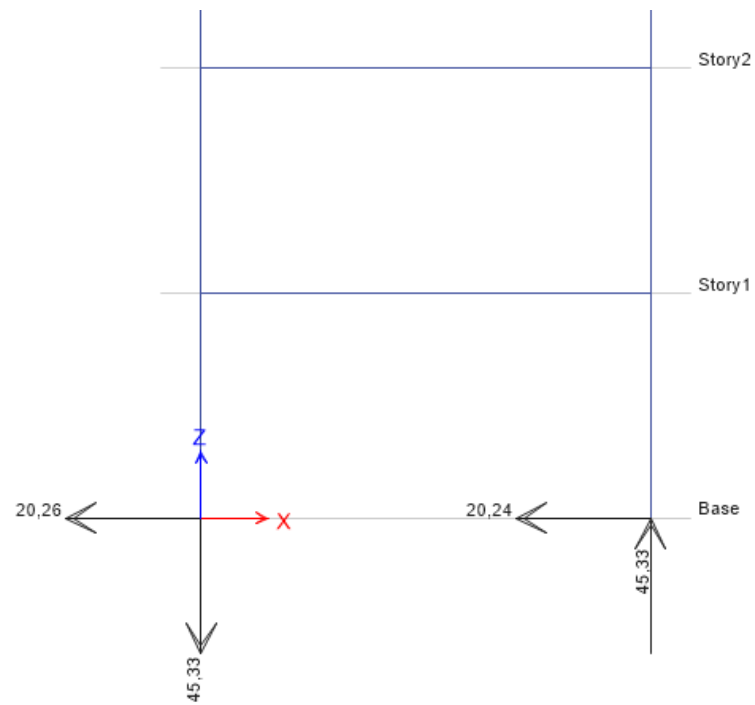


Figura 80 Modelación Estática de Reacciones pórtico 6

Fuente: ETABS 2016 (*Computers and structures*)

- Dinámica

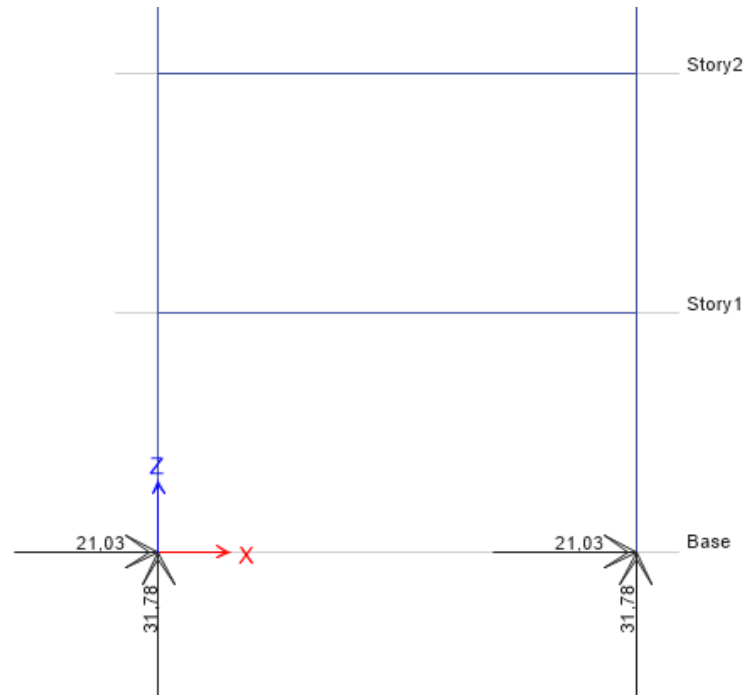


Figura 81. Modelación Dinámica de Reacciones pórtico 6

Fuente: ETABS 2016 (*Computers and structures*)

En las derivas encontramos:

- Estática

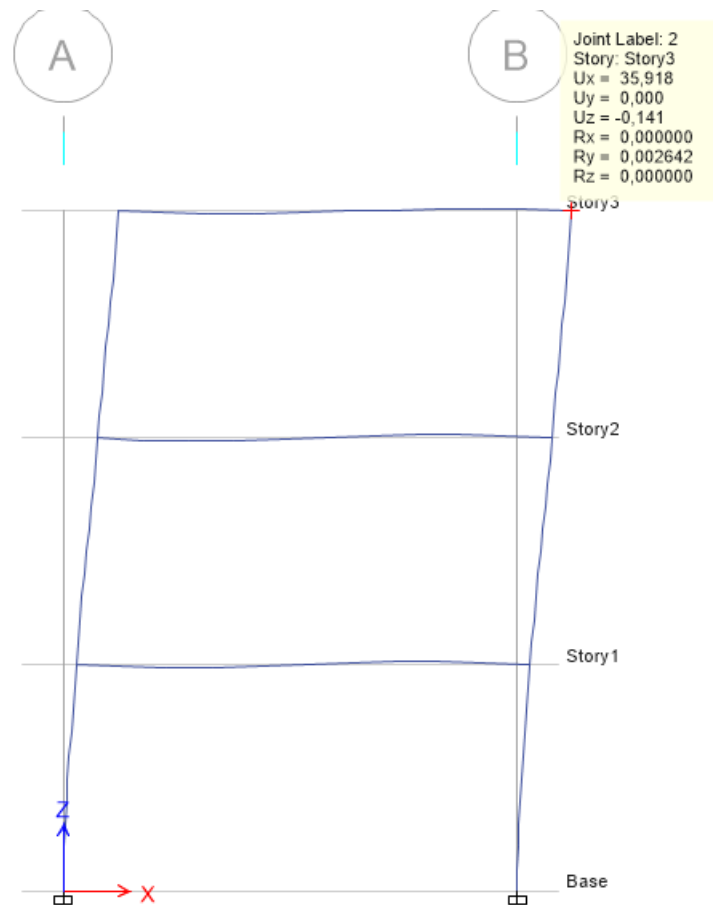


Figura 82. Derivas Estáticas pórtico 6

Fuente: ETABS 2016 (*Computers and structures*)

- Dinámica

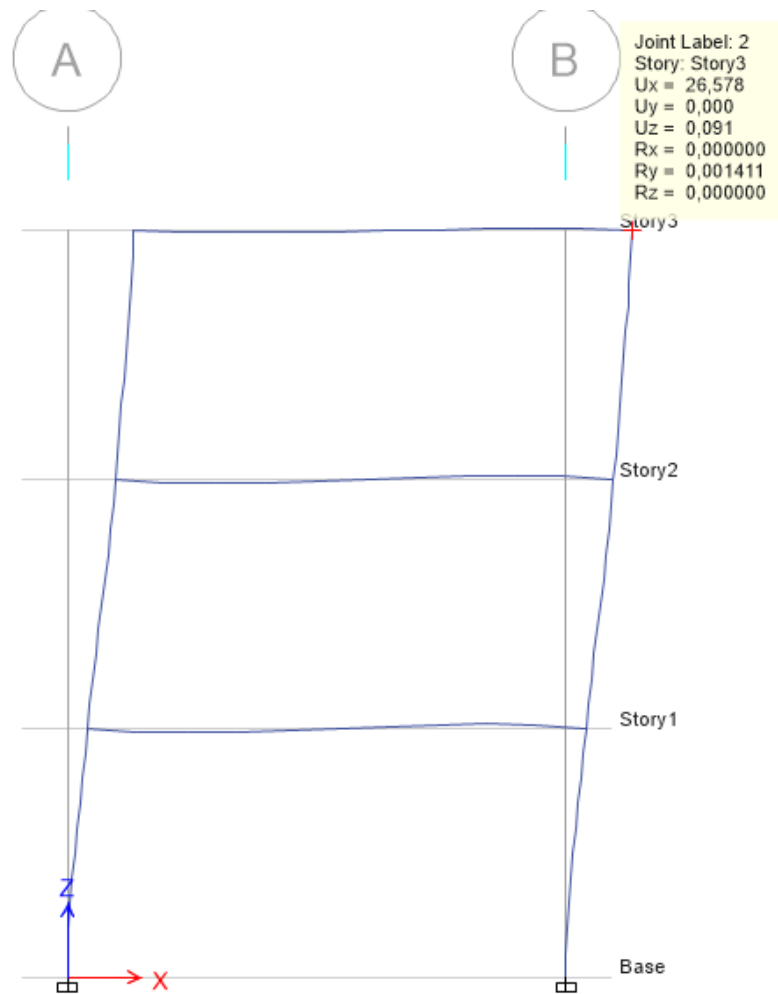


Figura 83. Derivas Dinámicas pórtico 6

Fuente: ETABS 2016 (*Computers and structures*)

Tabla 14. Comparación derivas tabuladas pórtico 6

Estático		Dinámico	
Ux	35,918	Ux	26,578
Uy	0	Uy	0
Uz	-0,141	Uz	0,091

Rx	0	Rx	0
Ry	0,002642	Ry	0,001411
Rz	0	Rz	0

Fuente: Autores

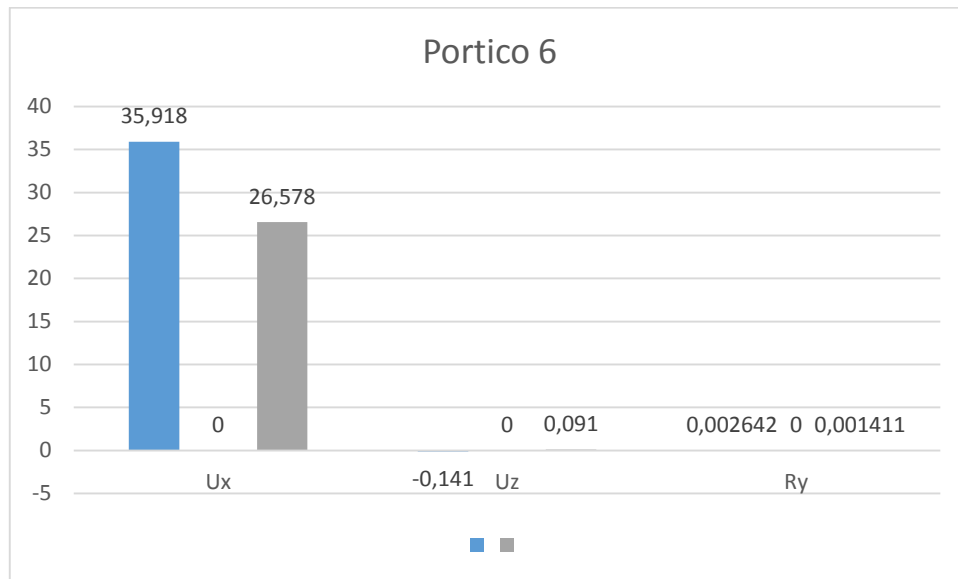


Figura 84. Comparación derivas pórtico 6

Fuente: Autores

Respecto al momento de sismos en cargas estáticas encontraremos lo referente a la gráfica de cargas muertas y en la parte dinámica a lo referente al espectro de diseño. Como requisito en el momento de la aplicación de sismos este tiene que estar en la opción de momentos 3-3 con el fin que se vea reflejado el momento más relevante.

- Estática



Figura 85. Graficas de Cargas estáticas pórtico 6

Fuente: ETABS 2016 (*Computers and structures*)

- Dinámica

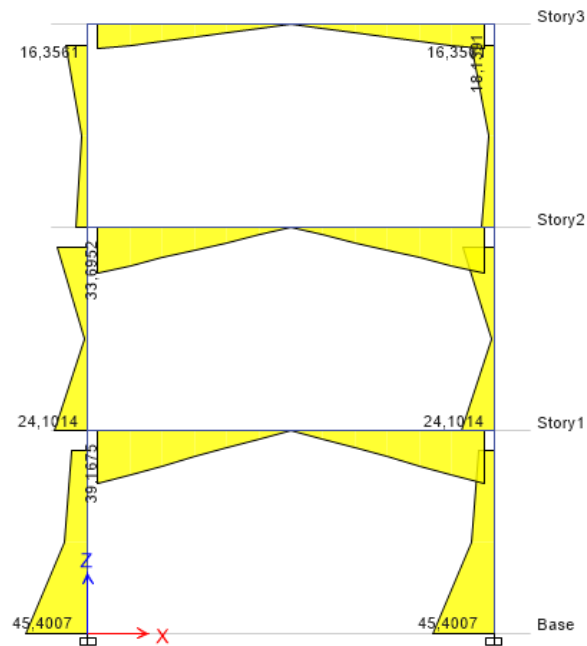
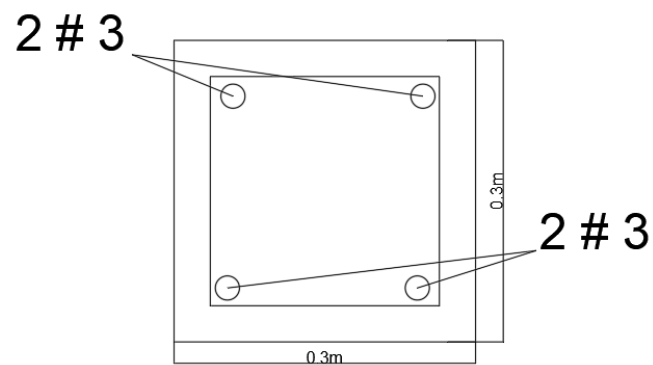


Figura 86. Graficas de Cargas Dinámicas pórtico 6
Fuente: ETABS 2016 (Computers and structures)

- Diseño de refuerzos



$$A_{\text{perno}} = p \cdot b \cdot d$$

$$A_{\text{perno}} = 0,0013 \cdot 300 \cdot 260$$

$$A_{\text{perno}} = 101,4 \text{ mm}^2$$

$$\#Barras = \frac{As \text{ diseño}}{Area \text{ seccion barra}}$$

$$\#Barras = \frac{101,4mm^2}{71} = 1,43 \approx 2\#3$$

- Inferior

$$As_{perno} = p \cdot b \cdot d$$

$$As_{perno} = 0,0009 \cdot 300 \cdot 260$$

$$As_{perno} = 81 \text{ mm}^2$$

$$\#Barras = \frac{As \text{ diseño}}{Area \text{ seccion barra}}$$

$$\#Barras = \frac{81mm^2}{71} = 1,14 = 2\#3$$

7.6. MODELACIÓN PÓRTICO 07

Para este pórtico encontramos las reacciones en ambos ejes de la siguiente forma:

- Estática

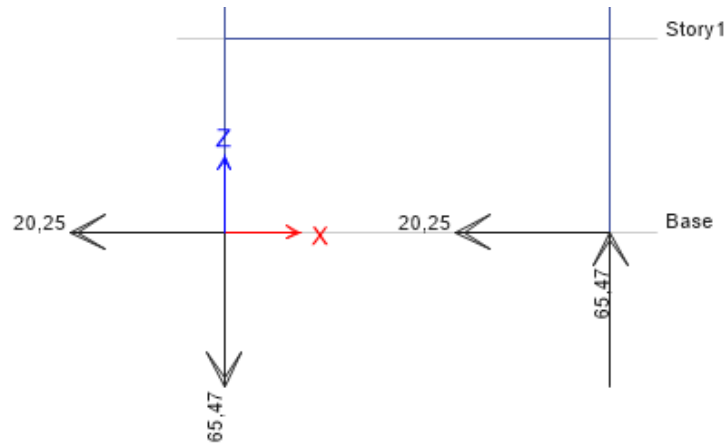


Figura 87. Modelación Estática de Reacciones pórtico 7

Fuente: ETABS 2016 (*Computers and structures*)

- Dinámica

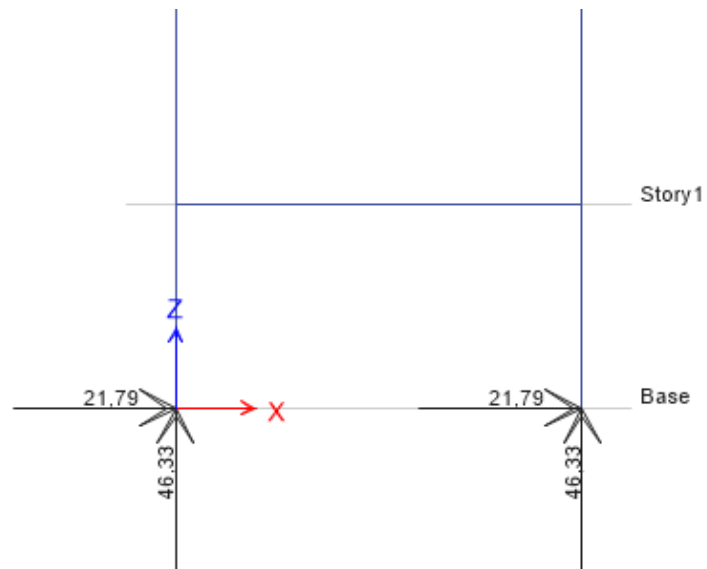


Figura 88. Modelación Dinámica de Reacciones pórtico 7

Fuente: ETABS 2016 (*Computers and structures*)

En las derivas encontramos:

- Estática

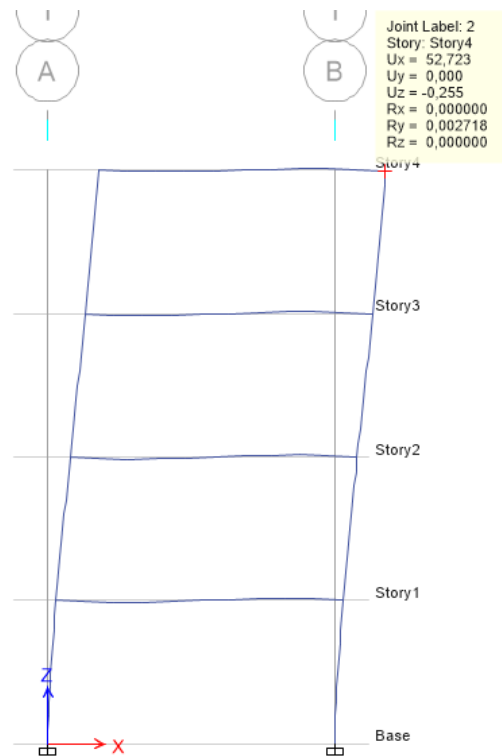


Figura 89. Derivas Estáticas pórtico 7

Fuente: ETABS 2016 (Computers and structures)

- Dinámica

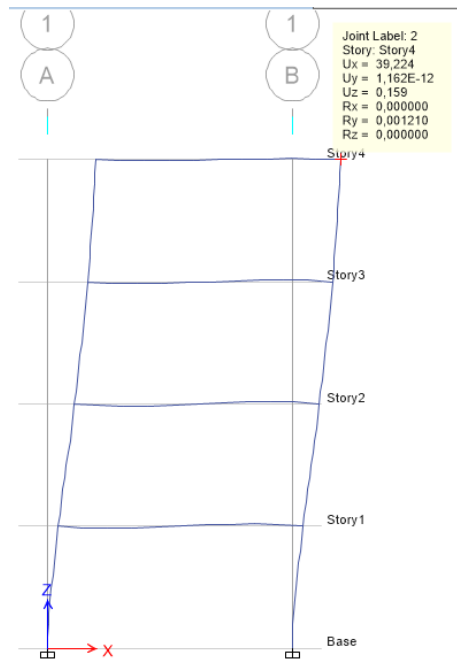


Figura 90. Derivas Dinámicas pórtico 7

Fuente: ETABS 2016 (*Computers and structures*)

Tabla 15. Comparación derivas tabuladas pórtico 7

Estático		Dinámico	
Ux	52,723	Ux	39,224
Uy	0	Uy	0
Uz	-0,255	Uz	0,159
Rx	0	Rx	0
Ry	0,002718	Ry	0,00121
Rz	0	Rz	0

Fuente: Autores

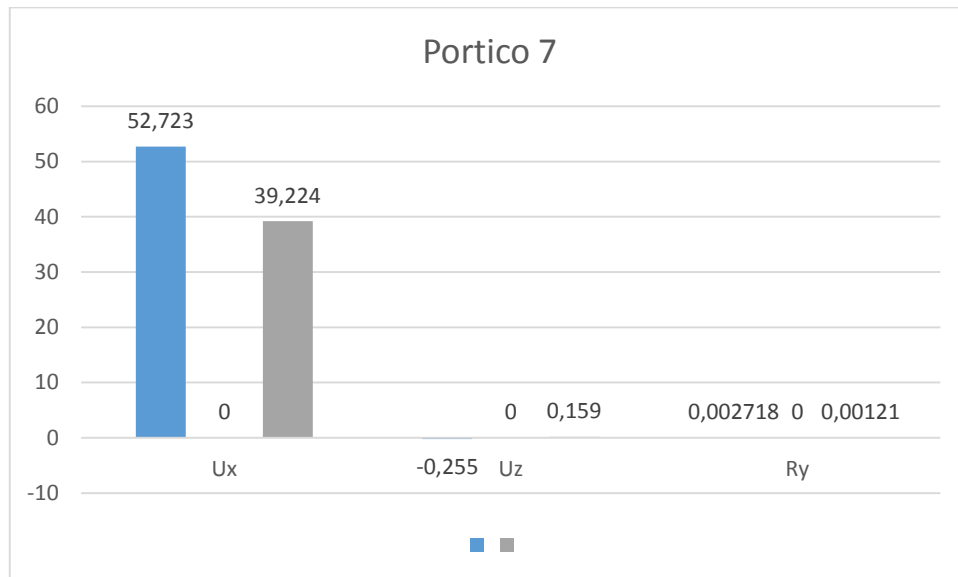


Figura 91. Comparación derivas pórtico 7

Fuente: Autores

Respecto al momento de sismos en cargas estáticas encontraremos lo referente a la gráfica de cargas muertas y en la parte dinámica a lo referente al espectro de diseño. Como requisito en el momento de la aplicación de sismos este tiene que estar en la opción de momentos 3-3 con el fin que se vea reflejado el momento más relevante.

- Estática

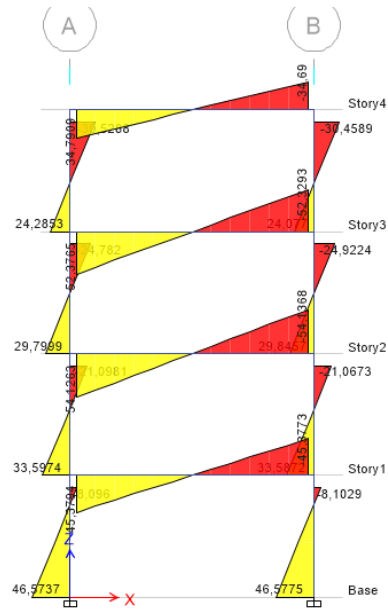


Figura 92. Graficas de Cargas estáticas pórtico 7

Fuente: ETABS 2016 (*Computers and structures*)

- Dinámica

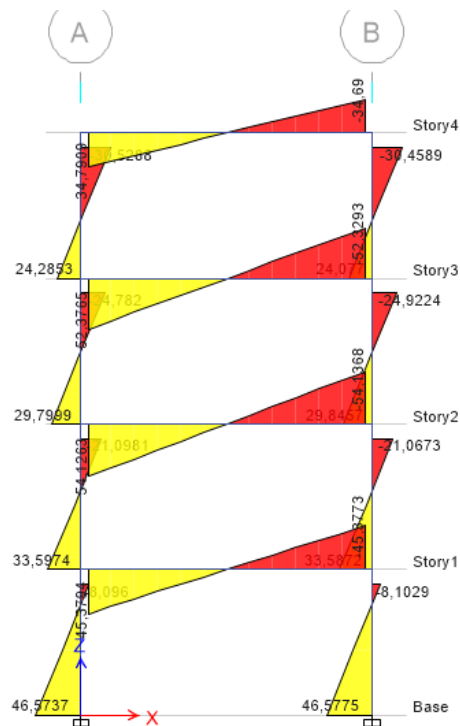
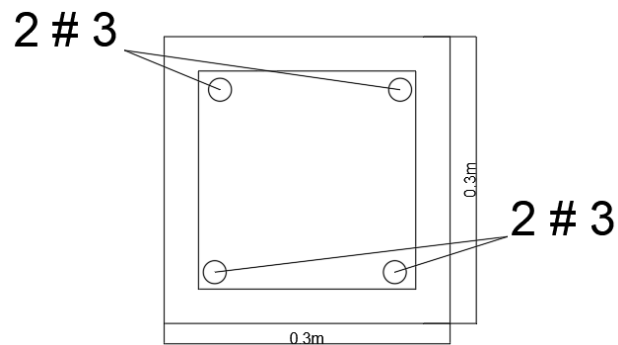


Figura 93. Graficas de Cargas Dinámicas pórtico 7

Fuente: ETABS 2016 (*Computers and structures*)

- Diseño de refuerzo



$$A_{\text{perno}} = p \cdot b \cdot d$$

$$A_{\text{perno}} = 0,0012 \cdot 300 \cdot 260$$

$$A_{\text{perno}} = 93,6 \text{ mm}^2$$

$$\#Barras = \frac{As \text{ diseño}}{Area \text{ seccion barra}}$$

$$\#Barras = \frac{93,6mm^2}{71} = 1,31 \approx 2\#3$$

- Inferior

$$As_{perno} = p \cdot b \cdot d$$

$$As_{perno} = 0,0009 \cdot 300 \cdot 260$$

$$As_{perno} = 81 \text{ mm}^2$$

$$\#Barras = \frac{As \text{ diseño}}{Area \text{ seccion barra}}$$

$$\#Barras = \frac{81mm^2}{71} = 1,14 = 2\#3$$

7.7. MODELACIÓN PÓRTICO 08

Para este pórtico encontramos las reacciones en ambos ejes de la siguiente forma:

- Estática

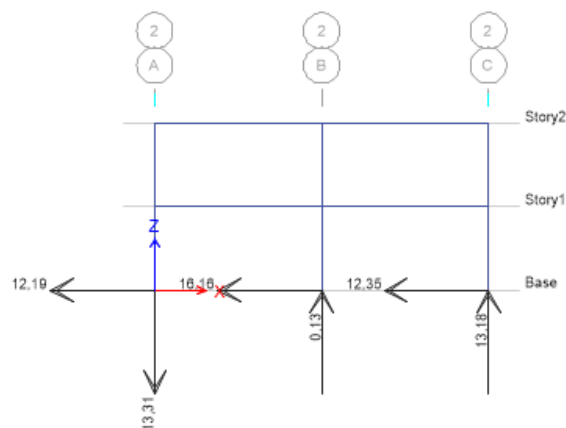


Figura 94 Modelación Estática de Reacciones pórtico 8

Fuente: ETABS 2016 (*Computers and structures*)

- Dinámica

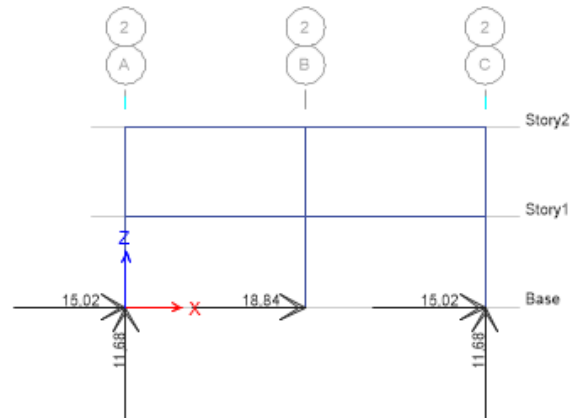


Figura 95 Modelación Dinámica de Reacciones pórtico 8

Fuente: ETABS 2016 (*Computers and structures*)

En las derivas encontramos:

- Estática

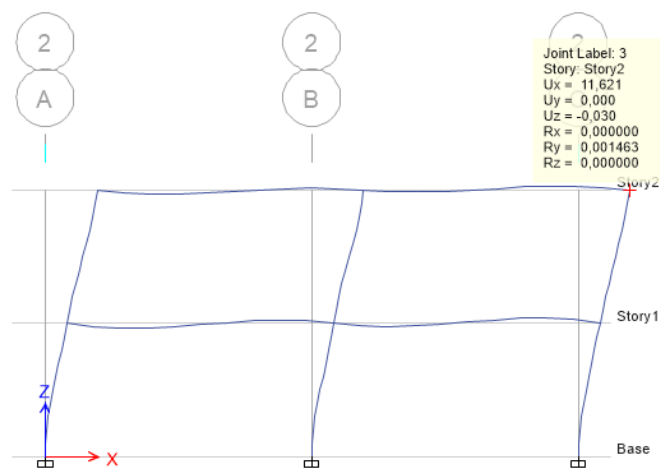


Figura 96 Derivas Estáticas pórtico 8

Fuente: ETABS 2016 (*Computers and structures*)

- Dinámica

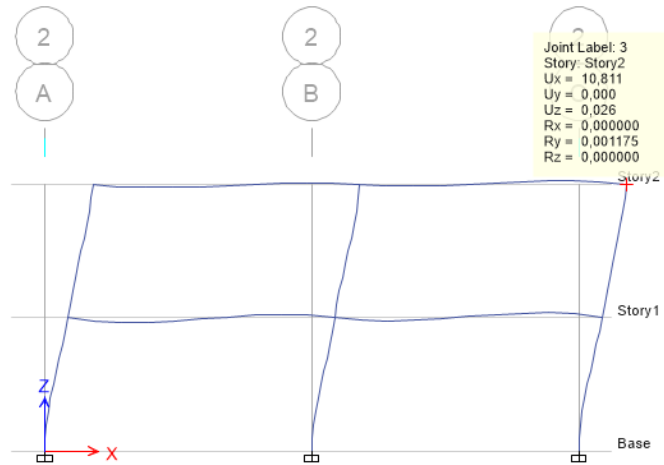


Figura 97. Derivas Dinámicas pórtico 8

Fuente: ETABS 2016 (*Computers and structures*)

Tabla 16. Comparación derivas tabuladas pórtico 8

Estático		Dinámico	
Ux	11,621	Ux	10,811
Uy	0	Uy	0
Uz	-0,03	Uz	0,026
Rx	0	Rx	0
Ry	0,001463	Ry	0,001175
Rz	0	Rz	0

Fuente: Autores

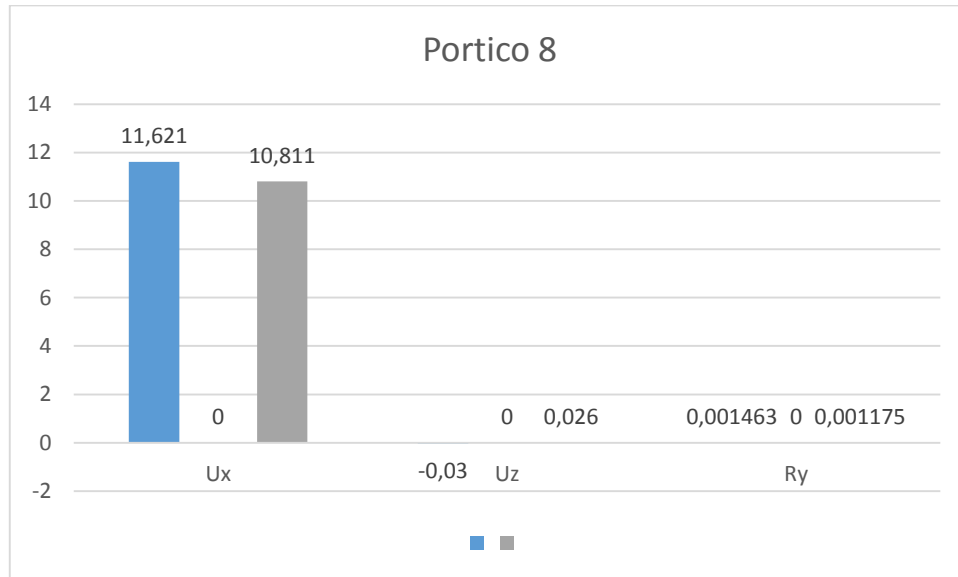


Figura 98. Comparación derivas pórtico 8

Fuente: Autores

Respecto al momento de sismos en cargas estáticas encontraremos lo referente a la gráfica de cargas muertas y en la parte dinámica a lo referente al espectro de diseño. Como requisito en el momento de la aplicación de sismos este tiene que estar en la opción de momentos 3-3 con el fin que se vea reflejado el momento más relevante.

- Estática

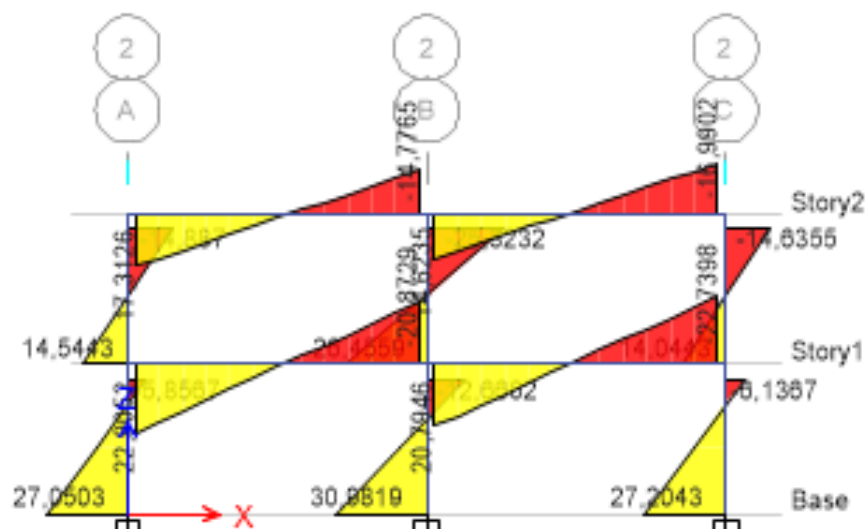


Figura 99. Graficas de Cargas estáticas pórtico 8

Fuente: ETABS 2016 (*Computers and structures*)

- Dinámica

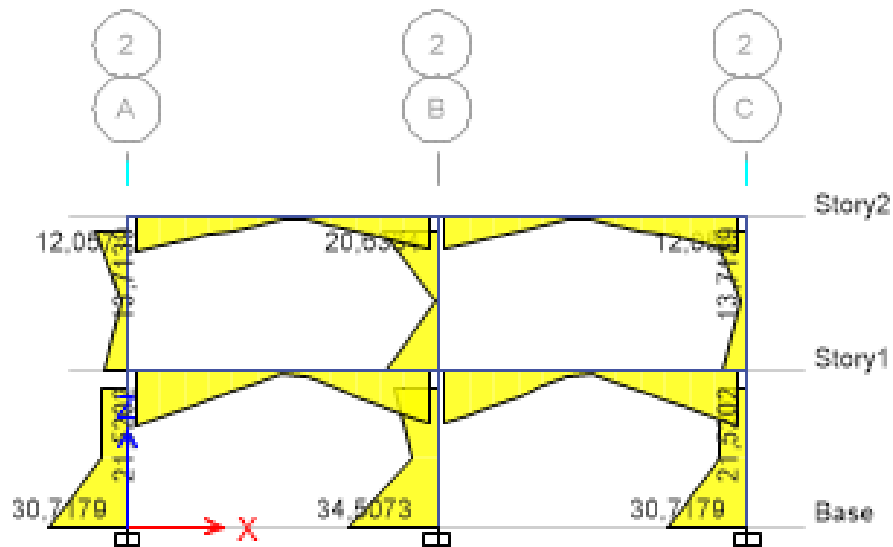
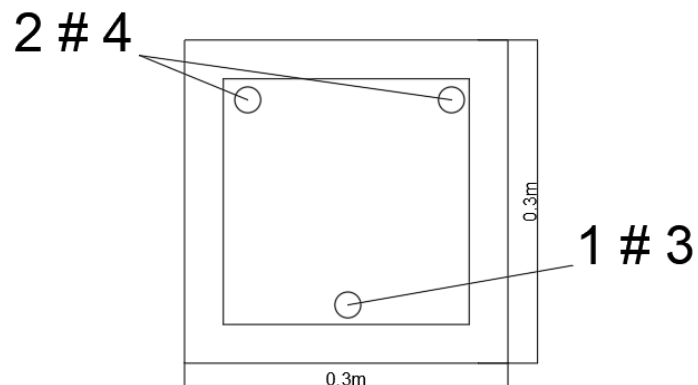


Figura 100. Graficas de Cargas Dinámicas pórtico 8

Fuente: ETABS 2016 (*Computers and structures*)

- Diseño de refuerzos



$$Asperno = p \cdot b \cdot d$$

$$Asperno = 0,0015 \cdot 300 \cdot 260$$

$$Asperno = 117 \text{ mm}^2$$

$$\#Barras = \frac{As \text{ diseño}}{Area \text{ seccion barra}}$$

$$\#Barras = \frac{117 \text{ mm}^2}{129} = 0,91 \approx 2 \#4$$

- Inferior

$$Asperno = p \cdot b \cdot d$$

$$Asperno = 0,0008 \cdot 300 \cdot 260$$

$$Asperno = 62,4 \text{ mm}^2$$

$$\#Barras = \frac{As \text{ diseño}}{Area \text{ seccion barra}}$$

$$\#Barras = \frac{62,4 \text{ mm}^2}{71} = 0,88 = 1 \#3$$

7.8. MODELACIÓN PÓRTICO 09

Para este pórtico encontramos las reacciones en ambos ejes de la siguiente forma:

- Estática

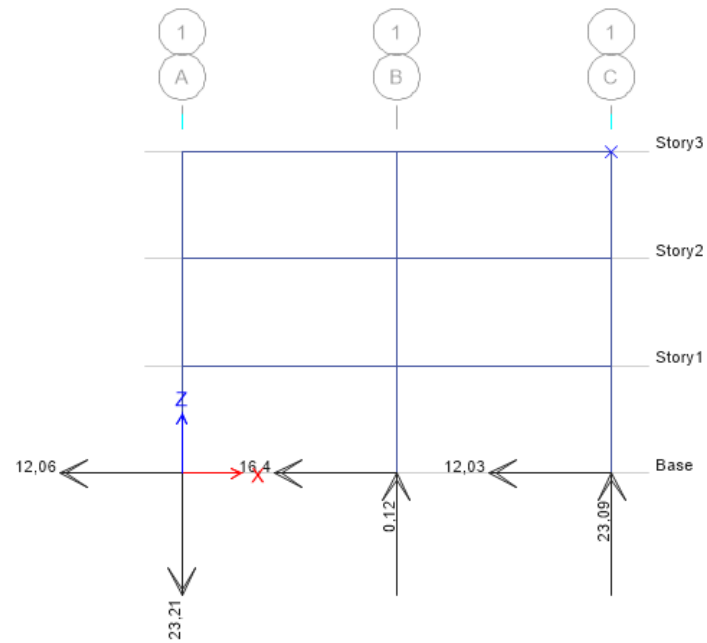


Figura 101. Modelación Estática de Reacciones pórtico 9

Fuente: ETABS 2016 (*Computers and structures*)

- Dinámica

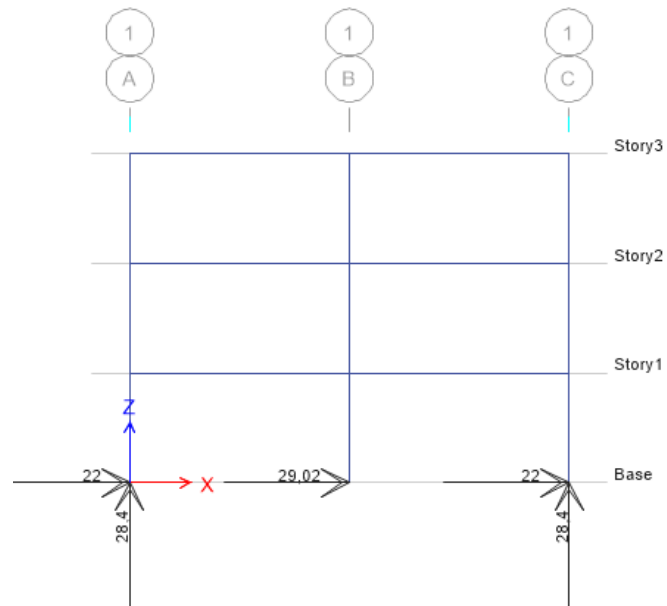


Figura 102. Modelación Dinámica de Reacciones pórico 9

Fuente: ETABS 2016 (*Computers and structures*)

En las derivas encontramos:

- Estática

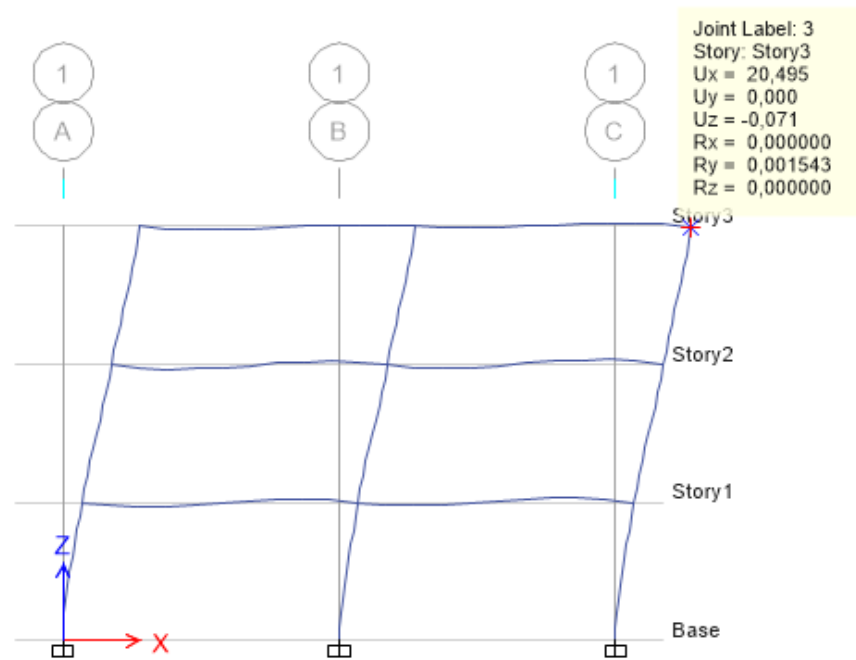


Figura 103. Derivas Estáticas pórtico 9

Fuente: ETABS 2016 (*Computers and structures*)

- Dinámica

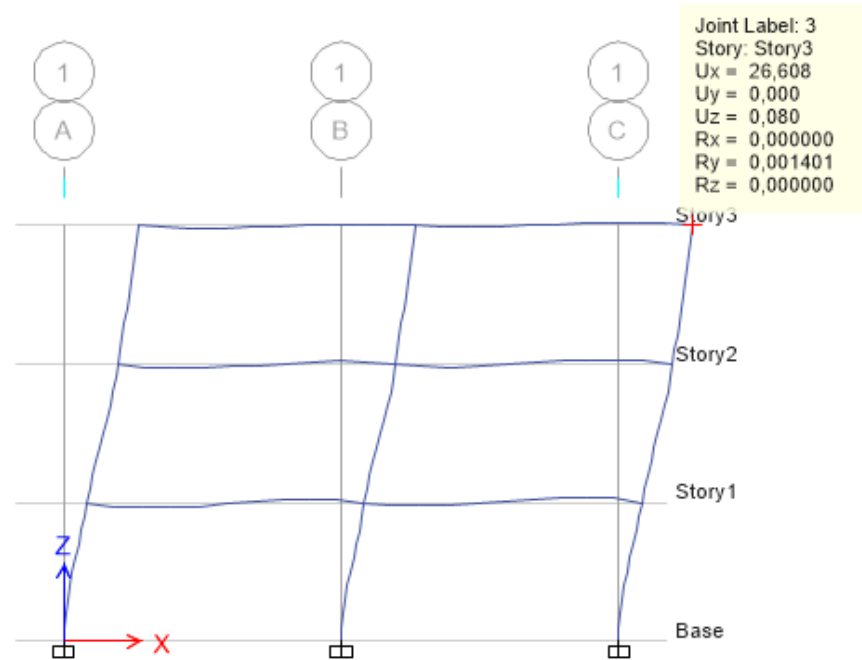


Figura 104 Derivas Dinámicas pórtico 9

Fuente: ETABS 2016 (*Computers and structures*)

Tabla 17 Comparación derivas tabuladas pórtico 9

Estático		Dinámico	
Ux	20,495	Ux	26,608
Uy	0	Uy	0
Uz	-0,071	Uz	0,08
Rx	0	Rx	0
Ry	0,001543	Ry	0,001401
Rz	0	Rz	0

Fuente: Autores

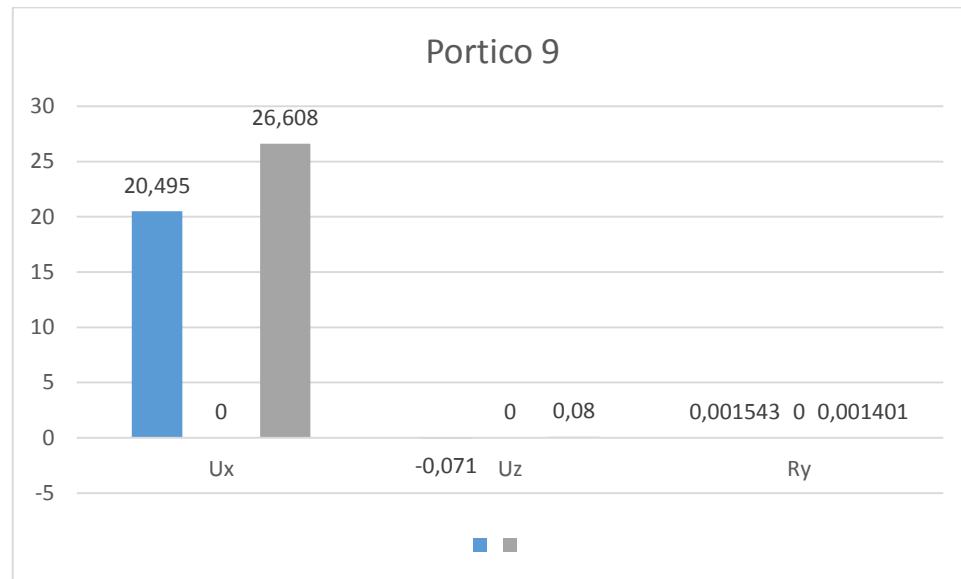


Figura 105. Comparación derivas pórtico 9

Fuente: Autores

Respecto al momento de sismos en cargas estáticas encontraremos lo referente a la gráfica de cargas muertas y en la parte dinámica a lo referente al espectro de diseño. Como requisito en el momento de la aplicación de sismos este tiene que estar en la opción de momentos 3-3 con el fin que se vea reflejado el momento más relevante.

- Estática

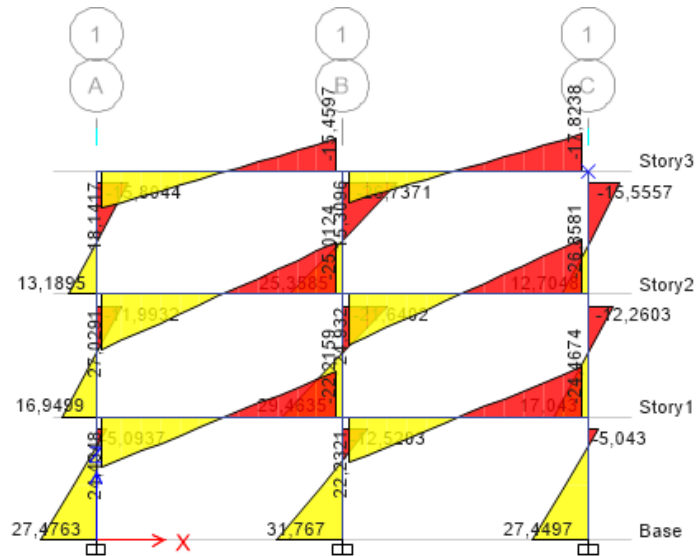


Figura 106. Graficas de Cargas estáticas pórtico 9

Fuente: ETABS 2016 (*Computers and structures*)

- Dinámica

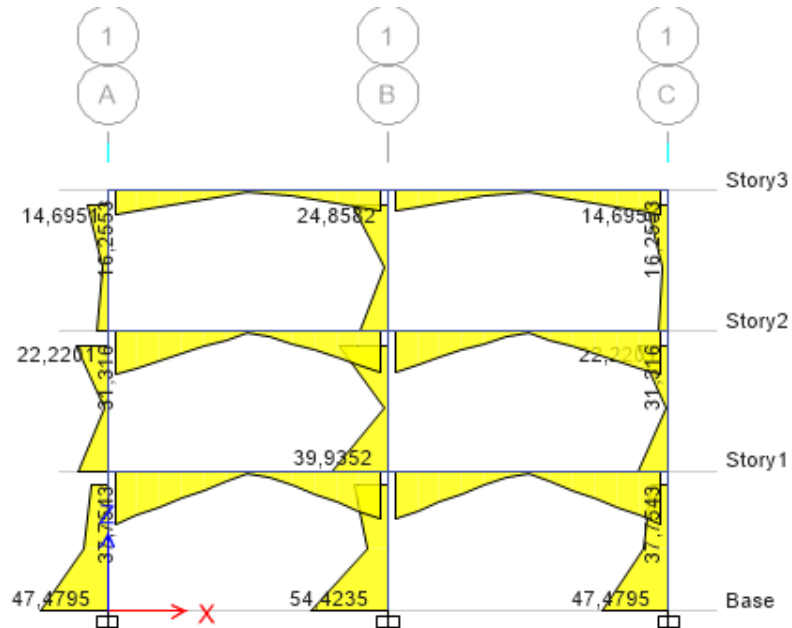
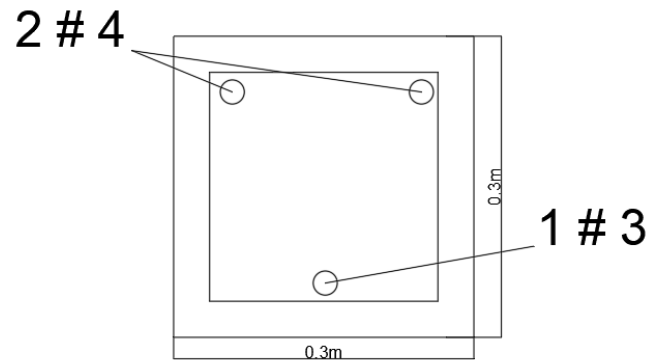


Figura 107 Graficas de Cargas Dinámicas pórtico 9

Fuente: ETABS 2016 (*Computers and structures*)

- Diseño de refuerzos



$$As_{perno} = p \cdot b \cdot d$$

$$As_{perno} = 0,0016 \cdot 300 \cdot 260$$

$$As_{perno} = 125 \text{ mm}^2$$

$$\#Barras = \frac{As_{diseño}}{Area_{sección\ barra}}$$

$$\#Barras = \frac{125 \text{ mm}^2}{129} = 0,96 \approx 2\#4$$

- Inferior

$$As_{perno} = p \cdot b \cdot d$$

$$As_{perno} = 0,0008 \cdot 300 \cdot 260$$

$$As_{perno} = 62,4 \text{ mm}^2$$

$$\#Barras = \frac{As_{diseño}}{Area_{sección\ barra}}$$

$$\#Barras = \frac{62,4 \text{ mm}^2}{71} = 0,88 = 1\#3$$

7.9. MODELACIÓN PÓRTICO 10

Para este pórtico encontramos las reacciones en ambos ejes de la siguiente forma:

- Estática

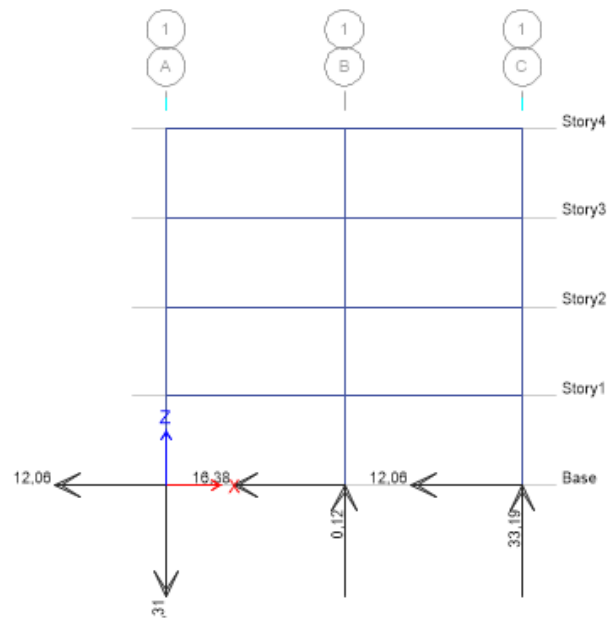


Figura 108 Modelación Estática de Reacciones pórtico 10

Fuente: ETABS 2016 (*Computers and structures*)

- Dinámica

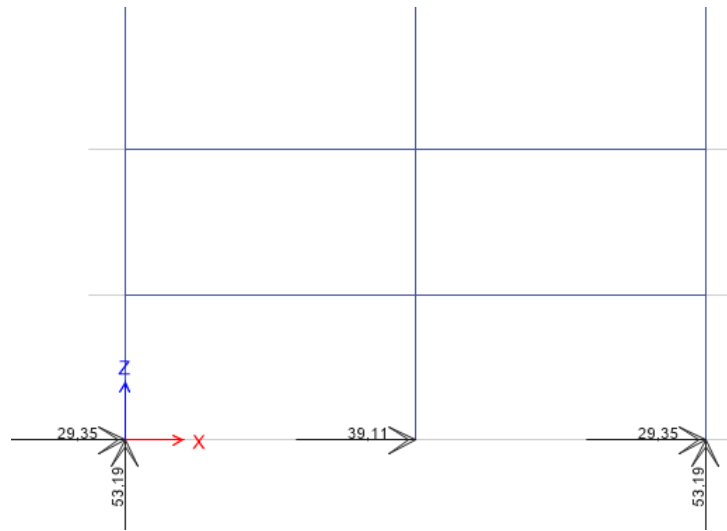


Figura 109. Modelación Dinámica de Reacciones pórtico 10

Fuente: ETABS 2016 (*Computers and structures*)

En las derivas encontramos:

- Estática

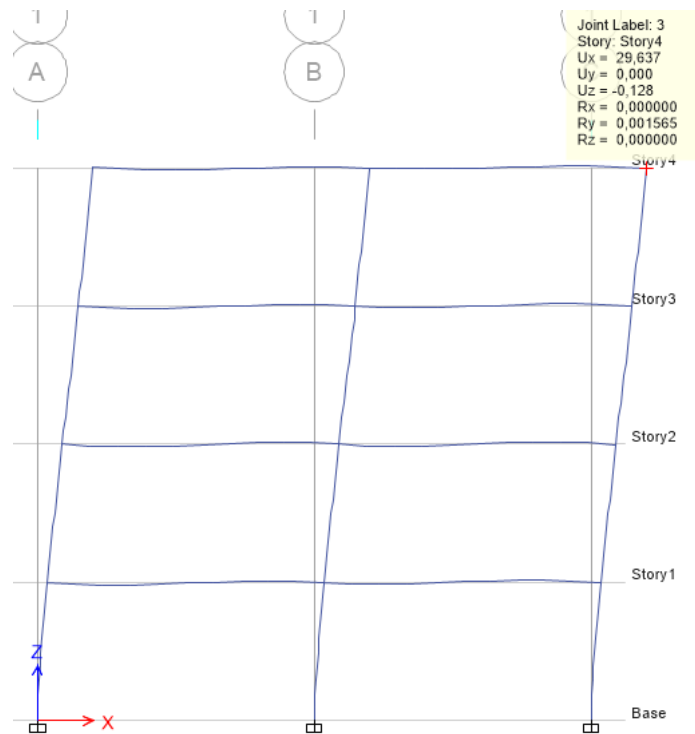


Figura 110 Derivas Estáticas pórtico 10

Fuente: ETABS 2016 (Computers and structures)

- Dinámica

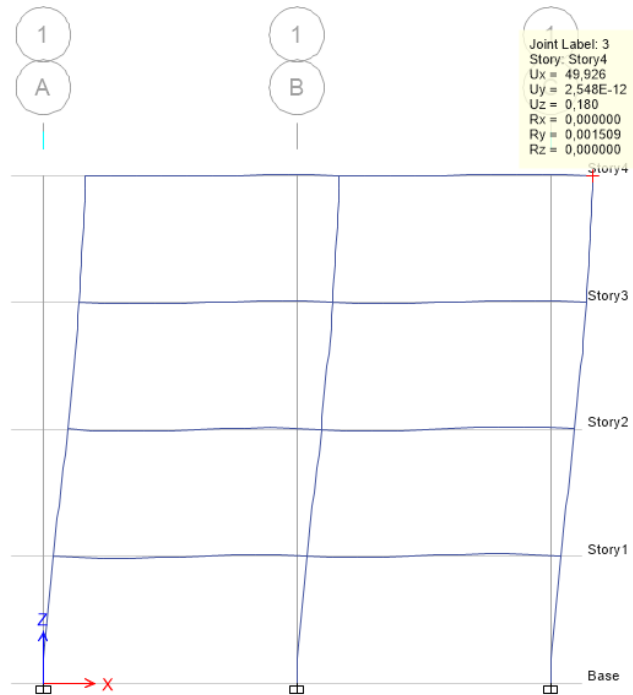


Figura 111 Derivas Dinámicas pórtico 10

Fuente: ETABS 2016 (Computers and structures)

Tabla 18 Comparación derivas tabuladas pórtico 10

Estático		Dinámico	
Ux	29,637	Ux	49,926
Uy	0	Uy	0
Uz	-0,128	Uz	0,18
Rx	0	Rx	0
Ry	0,001565	Ry	0,001509
Rz	0	Rz	0

Fuente: Autores

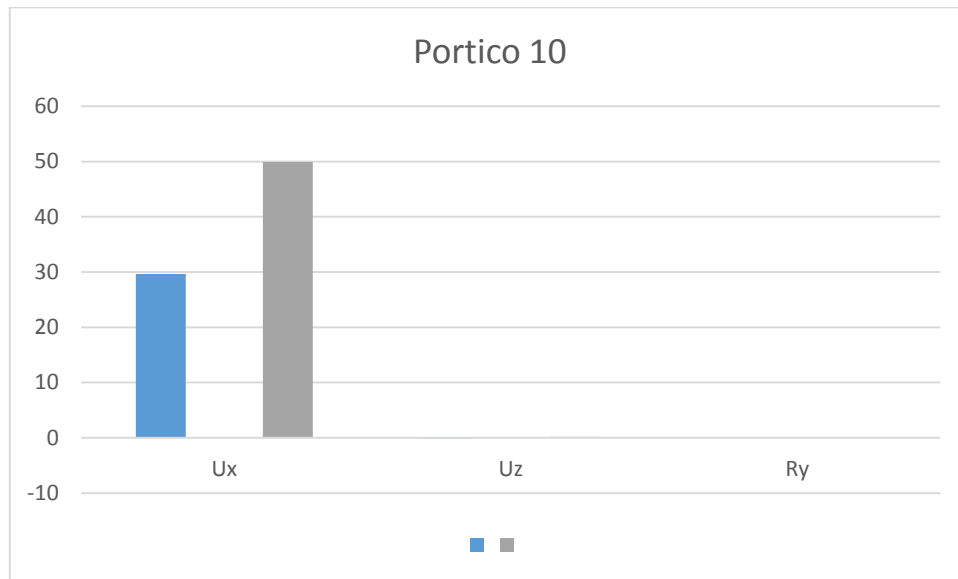


Figura 112. Comparación derivas pórtico 10

Fuente: Autores

Respecto al momento de sismos en cargas estáticas encontraremos lo referente a la gráfica de cargas muertas y en la parte dinámica a lo referente al espectro de diseño. Como requisito en el momento de la aplicación de sismos este tiene que estar en la opción de momentos 3-3 con el fin que se vea reflejado el momento más relevante.

- Estática

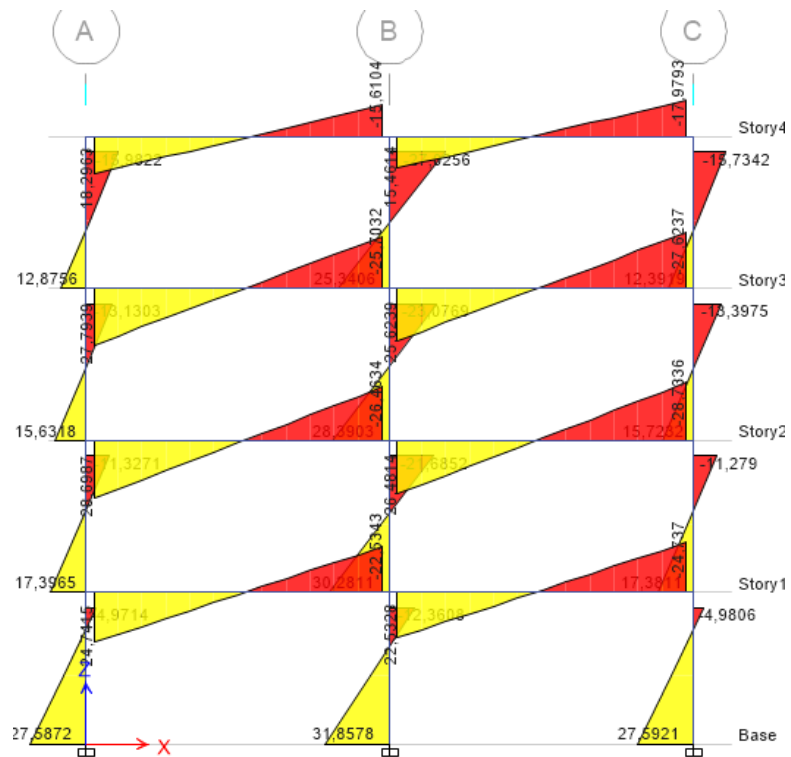


Figura 113 Graficas de Cargas estáticas pórtico 10

Fuente: ETABS 2016 (*Computers and structures*)

- Dinámica

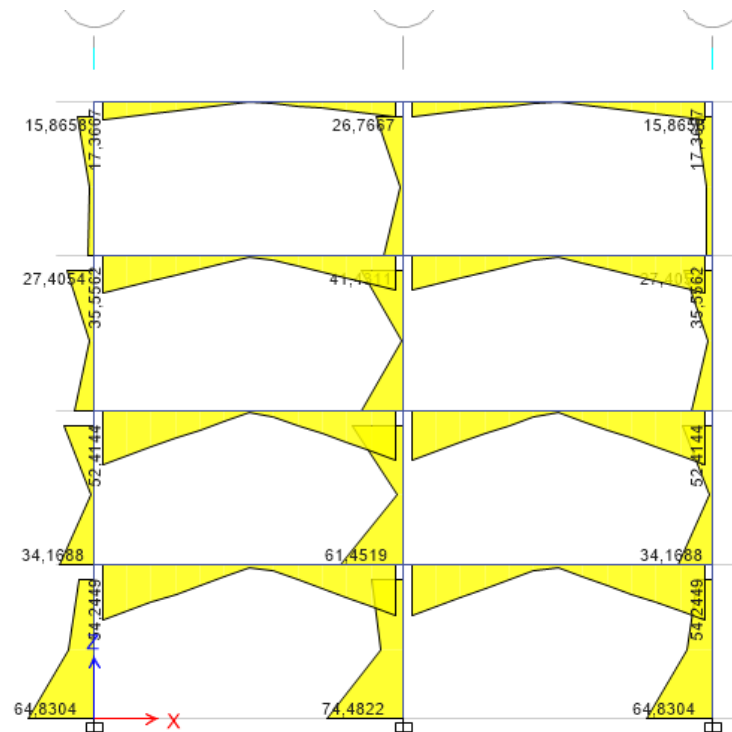
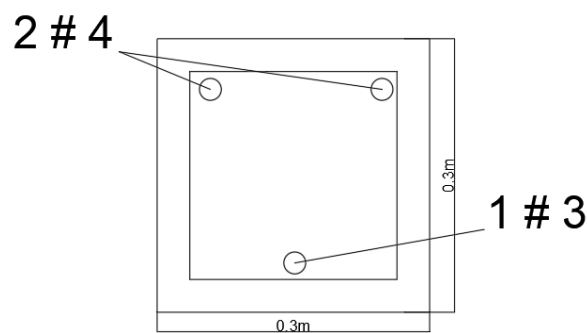


Figura 114 Graficas de Cargas Dinámicas pórtico 10

Fuente: ETABS 2016 (*Computers and structures*)

- Diseño de refuerzos



$$As_{perno} = p \cdot b \cdot d$$

$$As_{perno} = 0,0016 \cdot 300 \cdot 260$$

$$As_{perno} = 125 \text{ mm}^2$$

$$\#Barras = \frac{As \text{ diseño}}{Area \text{ seccion barra}}$$

$$\#Barras = \frac{125mm^2}{129} = 0,96 \approx 2\#4$$

- Inferior

$$As_{perno} = p \cdot b \cdot d$$

$$As_{perno} = 0,0008 \cdot 300 \cdot 260$$

$$As_{perno} = 62,4 \text{ mm}^2$$

$$\#Barras = \frac{As \text{ diseño}}{Area \text{ seccion barra}}$$

$$\#Barras = \frac{62,4mm^2}{71} = 0,88 = 1\#3$$

7.10. MODELACIÓN PÓRTICO 11

Para este pórtico encontramos las reacciones en ambos ejes de la siguiente forma:

- Estática

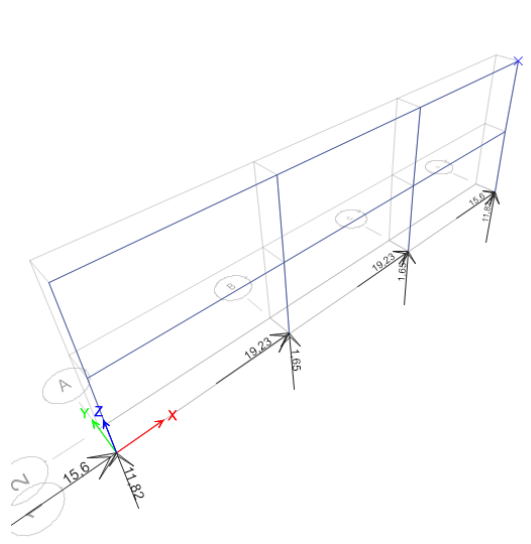


Figura 115. Modelación Estática de Reacciones pórtico 11

Fuente: ETABS 2016 (*Computers and structures*)

- Dinámica

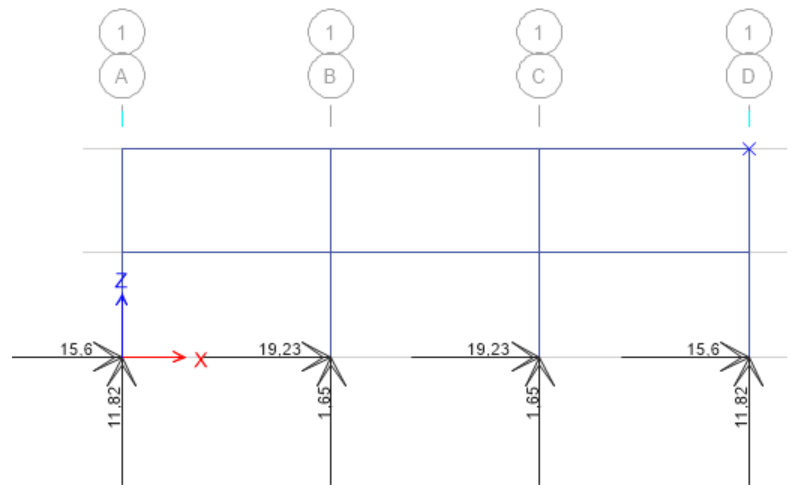


figura 116 Modelación Dinámica de Reacciones pórtico 11

Fuente: ETABS 2016 (*Computers and structures*)

En las derivas encontramos:

- Estática

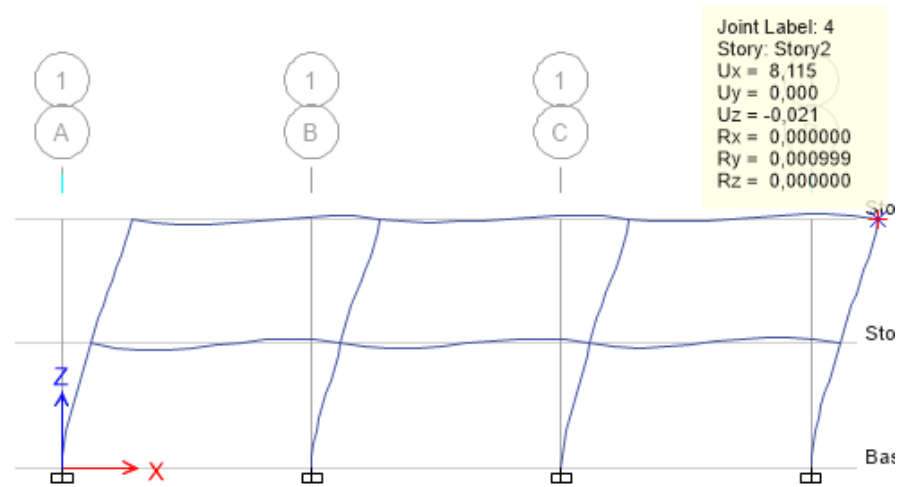


Figura 117 Derivas Estáticas pórtico 11

Fuente: ETABS 2016 (*Computers and structures*)

- Dinámica

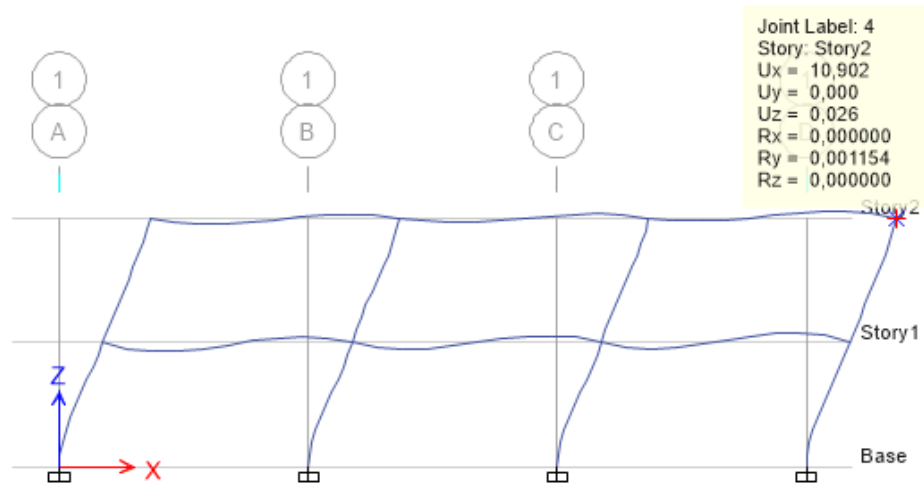


figura 118 Derivas Dinámicas pórtico 11

Fuente: ETABS 2016 (*Computers and structures*)

Tabla 19 Comparación derivas tabuladas pórtico 11

Estático		Dinámico	
Ux	8,115	Ux	10,902
Uy	0	Uy	0
Uz	-0,021	Uz	0,026
Rx	0	Rx	0
Ry	0,000999	Ry	0,001154
Rz	0	Rz	0

Fuente: Autores

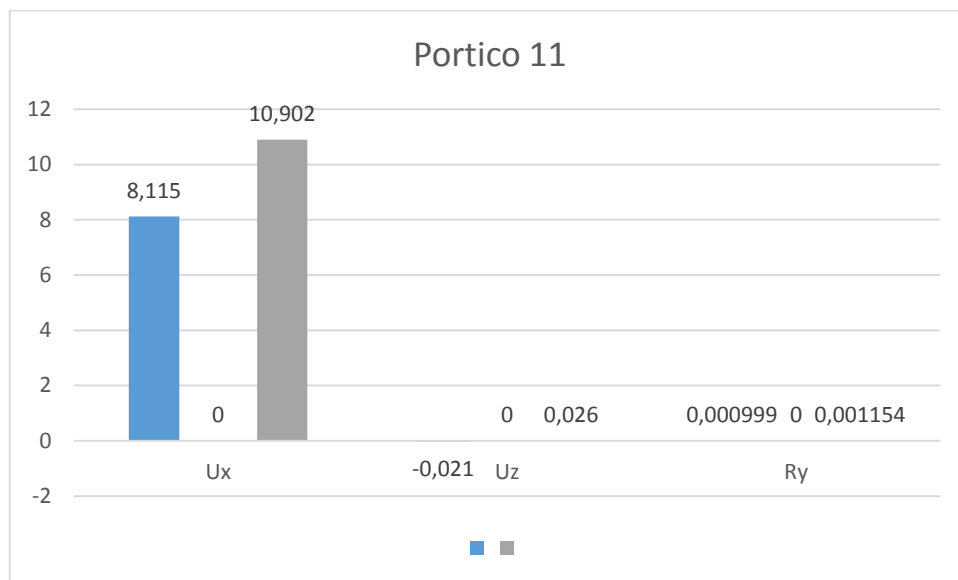


Figura 119. Comparación derivas pórtico 11

Fuente: Autores

Respecto al momento de sismos en cargas estáticas encontraremos lo referente a la gráfica de cargas muertas y en la parte dinámica a lo referente al espectro de diseño. Como requisito en el momento de la aplicación de sismos este tiene que estar en la opción de momentos 3-3 con el fin que se vea reflejado el momento más relevante.

- Estática

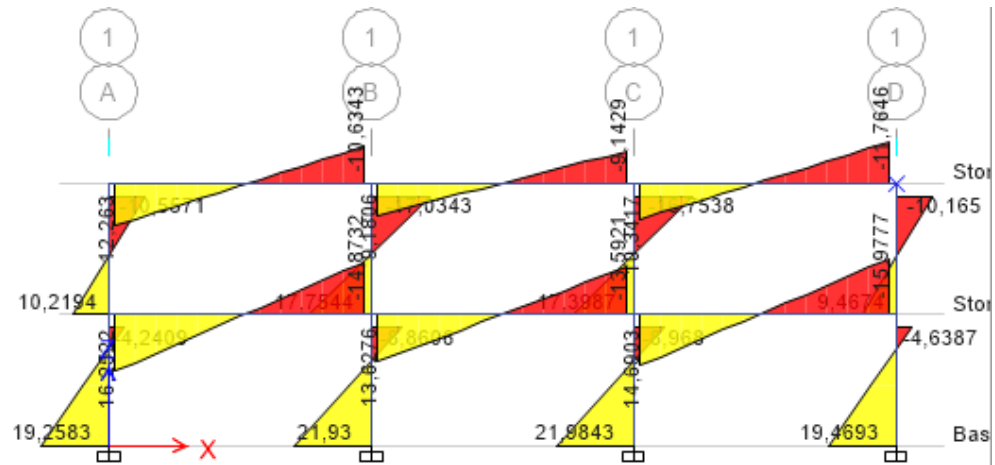


Figura 120 Graficas de Cargas estáticas pórtico 11

Fuente: ETABS 2016 (*Computers and structures*)

- Dinámica

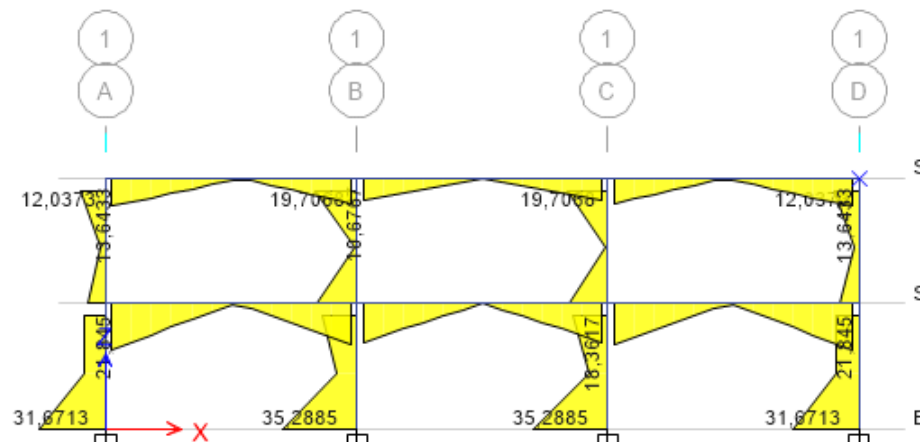
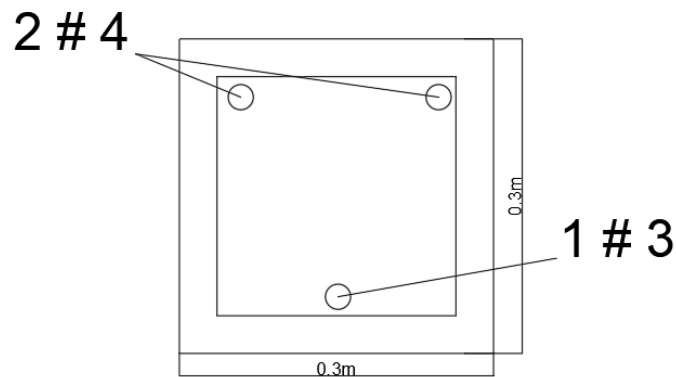


Figura 121 Graficas de Cargas Dinámicas pórtico 11

Fuente: ETABS 2016 (*Computers and structures*)

- Diseño de refuerzos



$$As_{perno} = p \cdot b \cdot d$$

$$As_{perno} = 0,0015 \cdot 300 \cdot 260$$

$$As_{perno} = 117 \text{ mm}^2$$

$$\#Barras = \frac{As_{diseño}}{Area_{sección\ barra}}$$

$$\#Barras = \frac{117 \text{ mm}^2}{129} = 0,91 \approx 2\#4$$

- Inferior

$$As_{perno} = p \cdot b \cdot d$$

$$As_{perno} = 0,0008 \cdot 300 \cdot 260$$

$$As_{perno} = 62,4 \text{ mm}^2$$

$$\#Barras = \frac{As_{diseño}}{Area_{sección\ barra}}$$

$$\#Barras = \frac{62,4 \text{ mm}^2}{71} = 0,88 = 1\#3$$

7.11. MODELACIÓN PÓRTICO 12

Para este pórtico encontramos las reacciones en ambos ejes de la siguiente forma:

- Estática

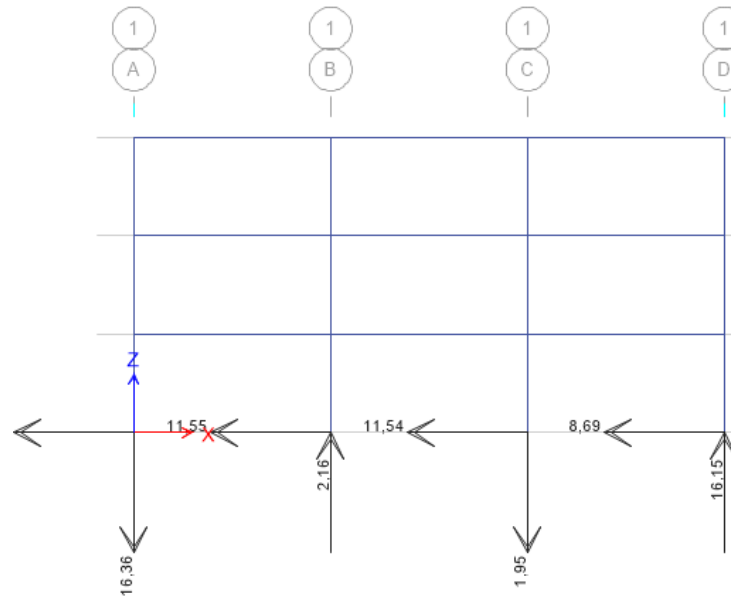


Figura 122 Modelación Estática de Reacciones pórtico 12

Fuente: ETABS 2016 (*Computers and structures*)

- Dinámica

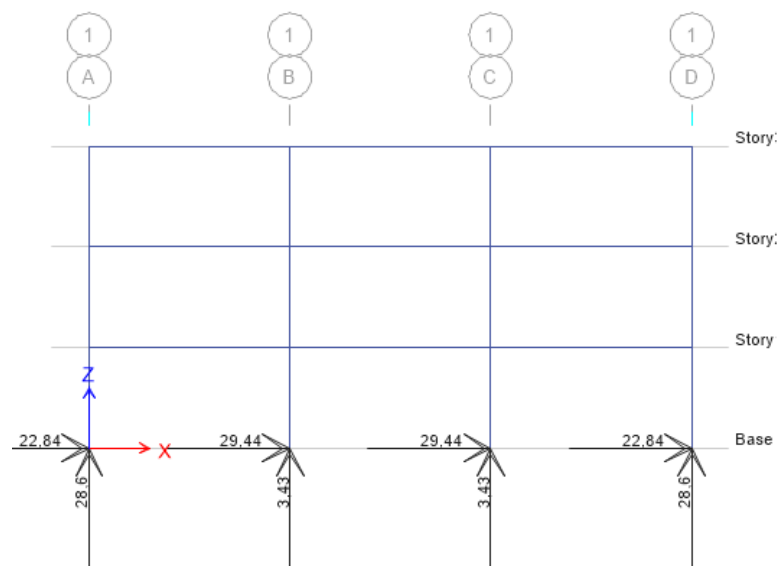


Figura 123 Modelación Dinámica de Reacciones pórtico 12

Fuente: ETABS 2016 (*Computers and structures*)

En las derivas encontramos:

- Estática

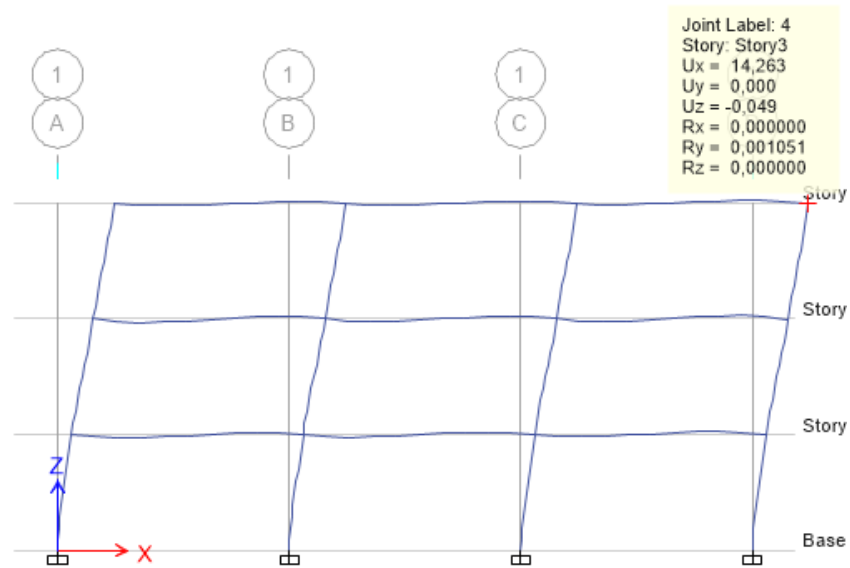


Figura 124 Derivas Estáticas pórtico 12

Fuente: ETABS 2016 (*Computers and structures*)

- Dinámica

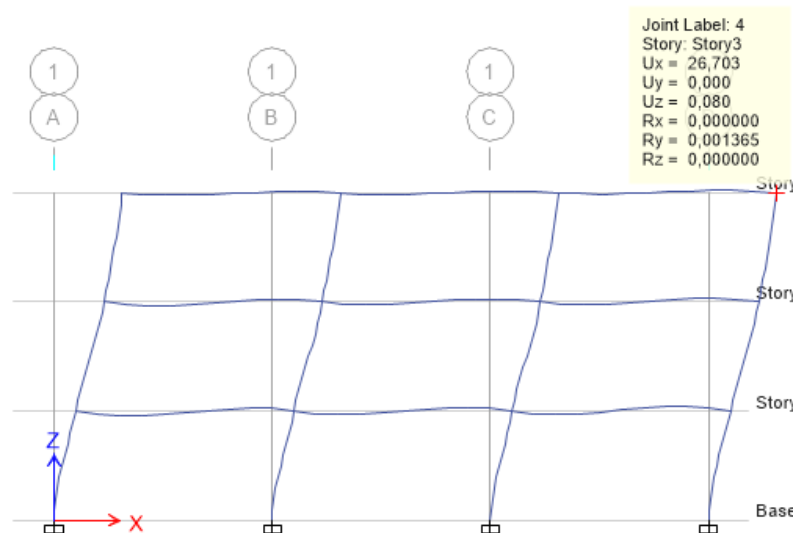


Figura 125 Derivas Dinámicas pórtico 12

Fuente: ETABS 2016 (*Computers and structures*)

Tabla 20 Comparación derivas tabuladas pórtico 12

Estático		Dinámico	
Ux	14,263	Ux	26,703
Uy	0	Uy	0
Uz	-0,049	Uz	0,08
Rx	0	Rx	0
Ry	0,001051	Ry	0,001365
Rz	0	Rz	0

Fuente: Autores

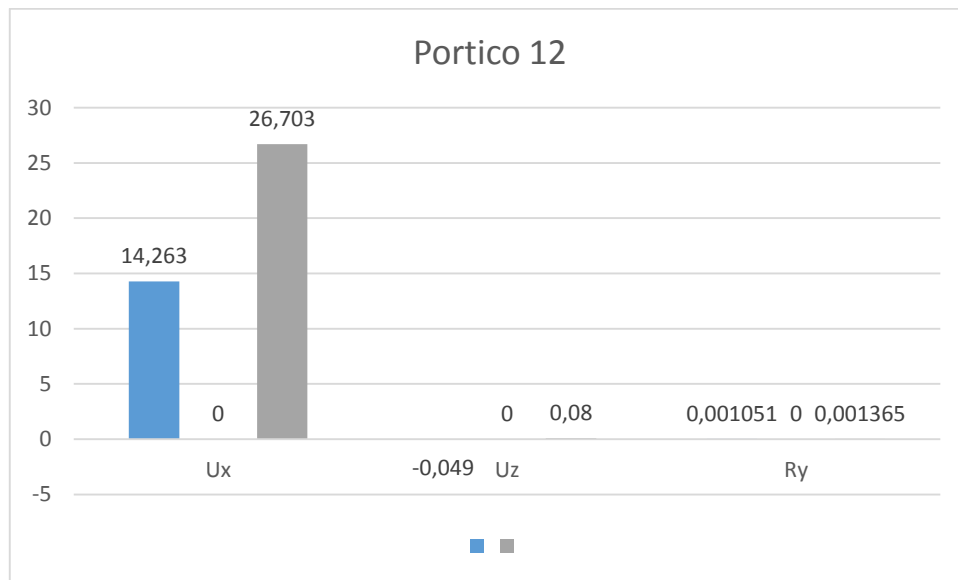


Figura 126. Comparación derivas pórtico 12

Fuente: Autores

Respecto al momento de sismos en cargas estáticas encontraremos lo referente a la gráfica de cargas muertas y en la parte dinámica a lo referente al espectro de diseño.

Como requisito en el momento de la aplicación de sismos este tiene que estar en la opción de momentos 3-3 con el fin que se vea reflejado el momento más relevante.

- Estática

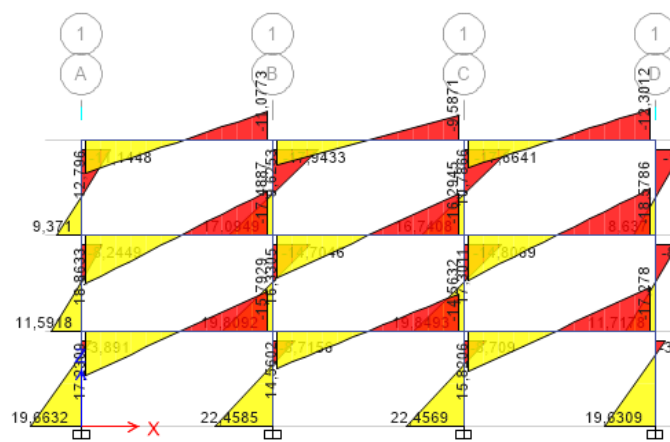


Figura 127 Graficas de Cargas estáticas pórtico 12

Fuente: ETABS 2016 (*Computers and structures*)

- Dinámica

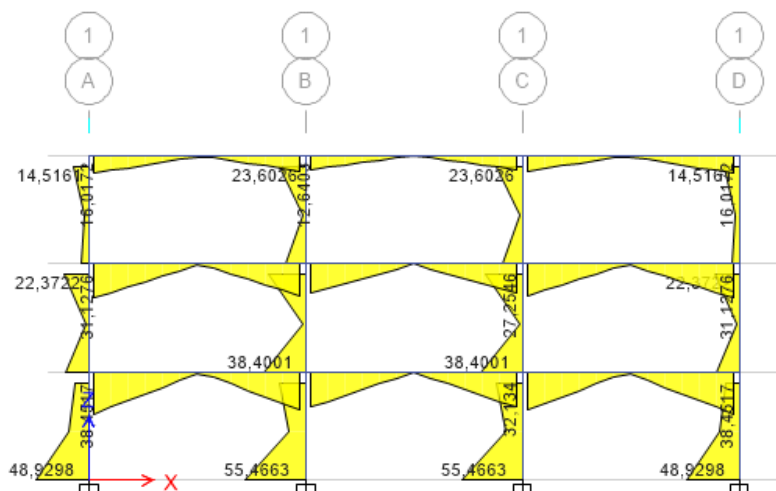
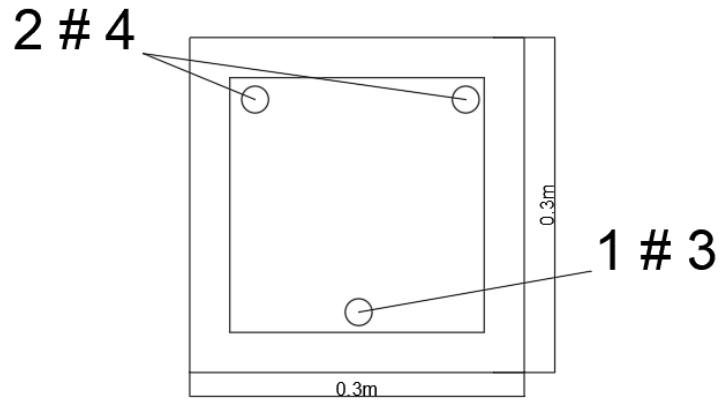


Figura 128 Graficas de Cargas Dinámicas pórtico 12

Fuente: ETABS 2016 (*Computers and structures*)

- Diseño de refuerzos



$$A_{\text{perno}} = p \cdot b \cdot d$$

$$A_{\text{perno}} = 0,0016 \cdot 300 \cdot 260$$

$$A_{\text{perno}} = 125 \text{ mm}^2$$

$$\# \text{Barras} = \frac{A_{\text{diseño}}}{A_{\text{sección barra}}}$$

$$\# \text{Barras} = \frac{125 \text{ mm}^2}{129} = 0,96 \approx 2 \# 4$$

- Inferior

$$A_{\text{perno}} = p \cdot b \cdot d$$

$$A_{\text{perno}} = 0,0008 \cdot 300 \cdot 260$$

$$A_{\text{perno}} = 62,4 \text{ mm}^2$$

$$\# \text{Barras} = \frac{A_{\text{diseño}}}{A_{\text{sección barra}}}$$

$$\# \text{Barras} = \frac{62,4 \text{ mm}^2}{71} = 0,88 = 1 \# 3$$

7.12. MODELACIÓN PÓRTICO 13

Para este pórtico encontramos las reacciones en ambos ejes de la siguiente forma:

- Estática

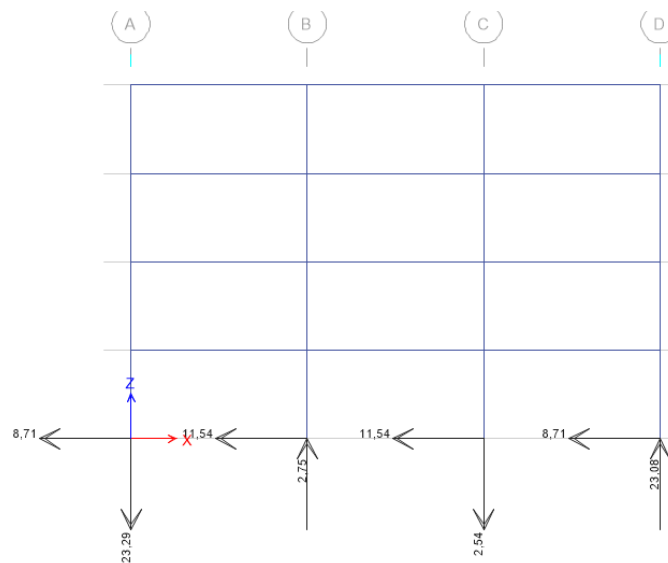


Figura 129 Modelación Estática de Reacciones pórtico 13

Fuente: ETABS 2016 (*Computers and structures*)

- Dinámica

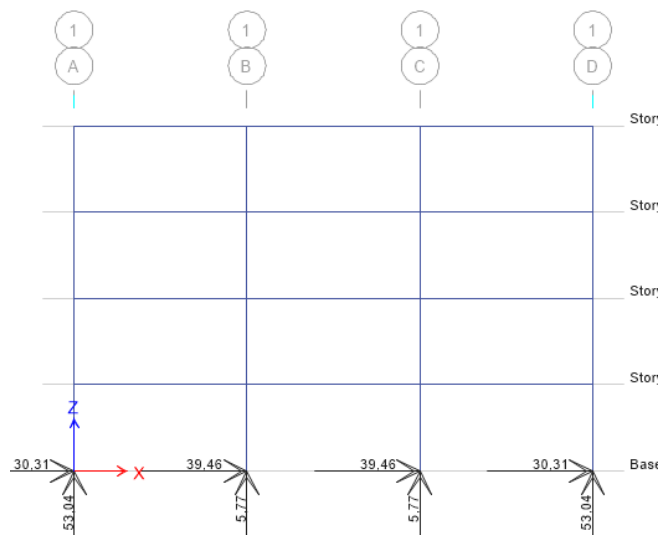


Figura 130 Modelación Dinámica de Reacciones pórtico 13

Fuente: ETABS 2016 (*Computers and structures*)

En las derivas encontramos:

- Estática

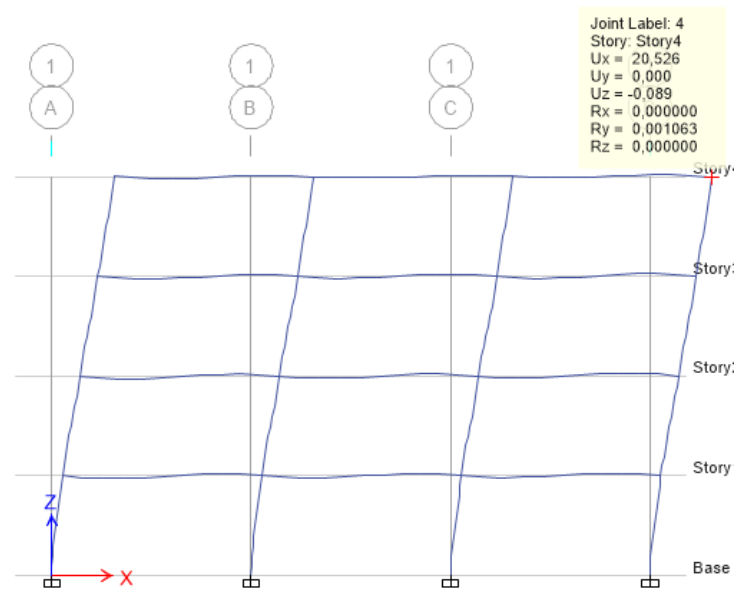


Figura 131 Derivas Estáticas pórtico 13

Fuente: ETABS 2016 (*Computers and structures*)

- Dinámica

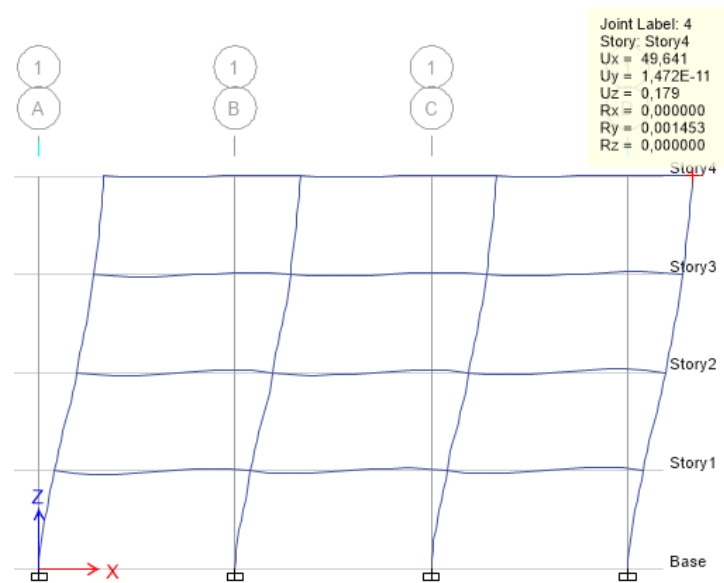


Figura 132 Derivas Dinámicas pórtico 13

Fuente: ETABS 2016 (*Computers and structures*)

Tabla 21 Comparación derivas tabuladas pórtico 13

Estático		Dinámico	
Ux	20,526	Ux	49,641
Uy	0	Uy	0
Uz	-0,089	Uz	0,179
Rx	0	Rx	0
Ry	0,001063	Ry	0,001453
Rz	0	Rz	0

Fuente: Autores

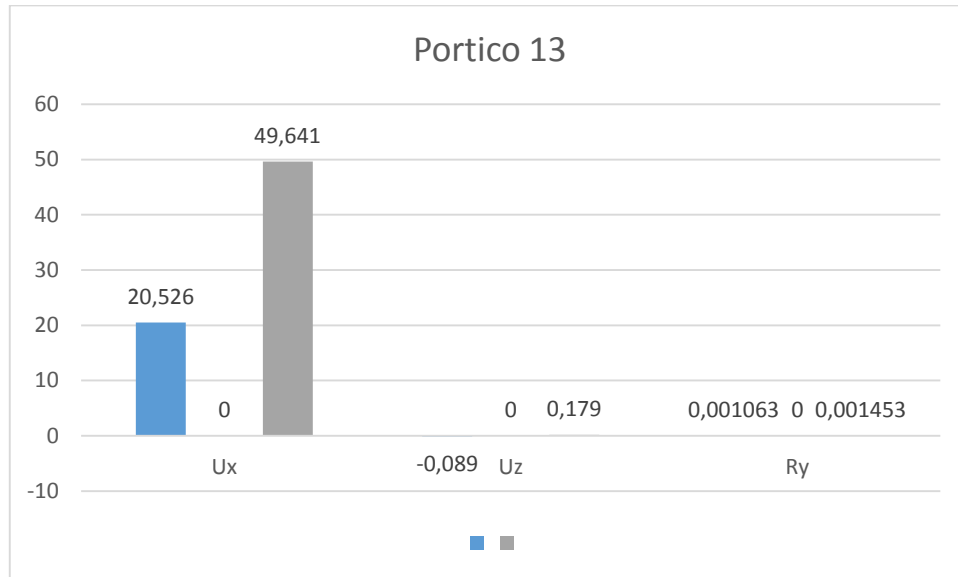
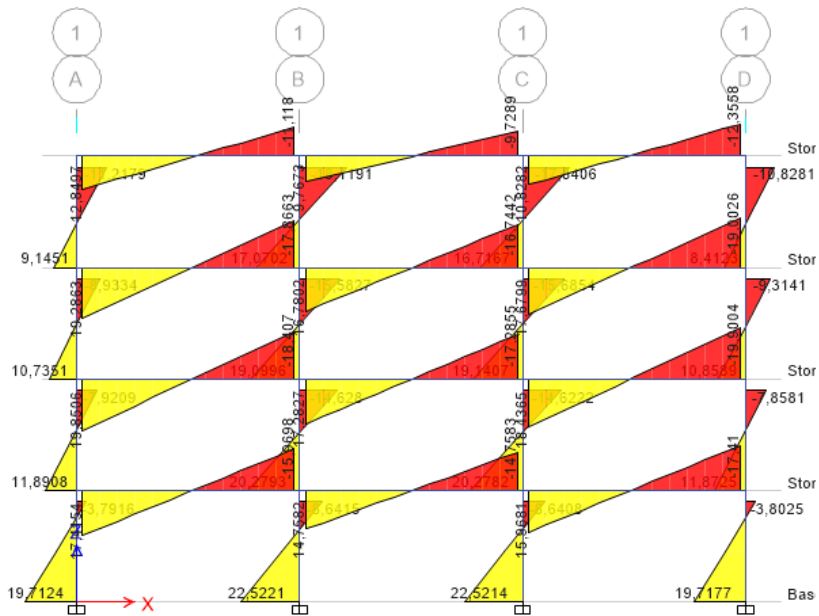


Figura 133. Comparación derivas pórtico 13

Fuente: Autores

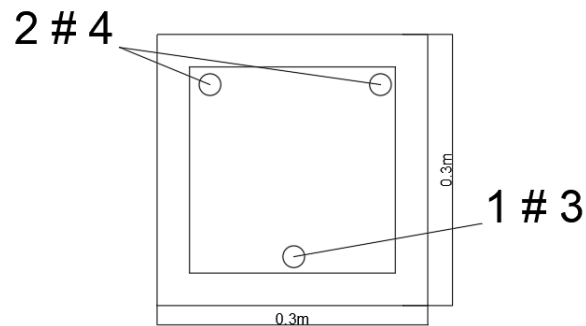
Respecto al momento de sismos en cargas estáticas encontraremos lo referente a la gráfica de cargas muertas y en la parte dinámica a lo referente al espectro de diseño. Como requisito en el momento de la aplicación de sismos este tiene que estar en la opción de momentos 3-3 con el fin que se vea reflejado el momento más relevante.

- Estática



Fuente: ETABS 2016 (*Computers and structures*)

- Diseño de refuerzos



$$As_{perno} = p \cdot b \cdot d$$

$$As_{perno} = 0,0016 \cdot 300 \cdot 260$$

$$As_{perno} = 125 \text{ mm}^2$$

$$\#Barras = \frac{As_{diseño}}{Area_{sección\ barra}}$$

$$\#Barras = \frac{125 \text{ mm}^2}{129} = 0,96 \approx 2\#4$$

- Inferior

$$As_{perno} = p \cdot b \cdot d$$

$$As_{perno} = 0,0008 \cdot 300 \cdot 260$$

$$As_{perno} = 62,4 \text{ mm}^2$$

$$\#Barras = \frac{As_{diseño}}{Area_{sección\ barra}}$$

$$\#Barras = \frac{62,4 \text{ mm}^2}{71} = 0,88 = 1\#3$$

7.13. MODELACIÓN PÓRTICO 14

Para este pórtico encontramos las reacciones en ambos ejes de la siguiente forma:

- Estática

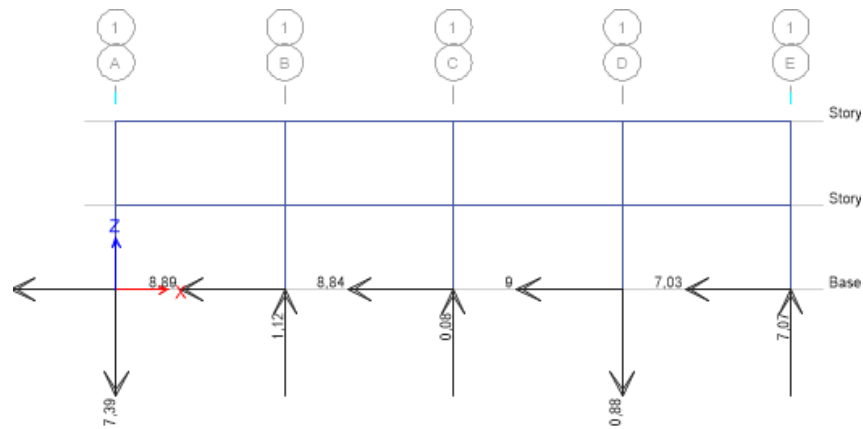


Figura 136 Modelación Estática de Reacciones pórtico 14

Fuente: ETABS 2016 (*Computers and structures*)

- Dinámica

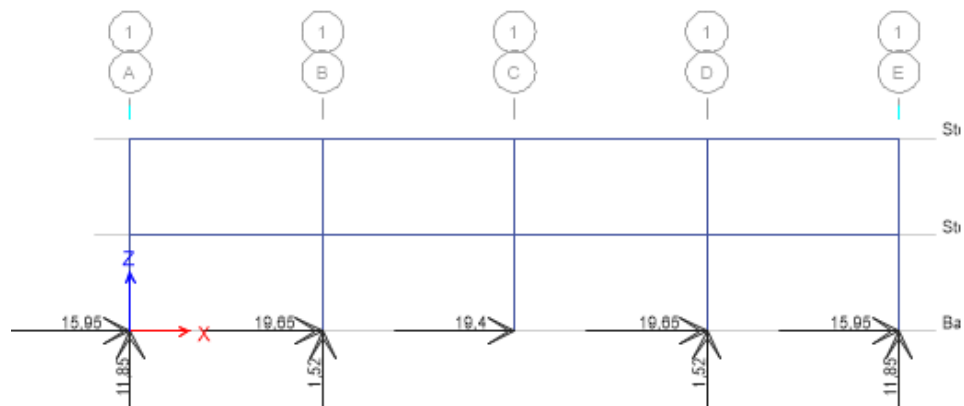


Figura 137 Modelación Dinámica de Reacciones pórtico 14

Fuente: ETABS 2016 (*Computers and structures*)

En las derivas encontramos:

- Estática

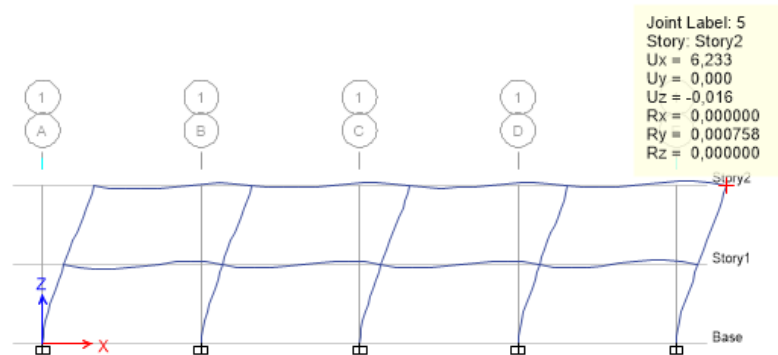


Figura 138. Derivas Estáticas pórtico 14

Fuente: ETABS 2016 (*Computers and structures*)

- Dinámica

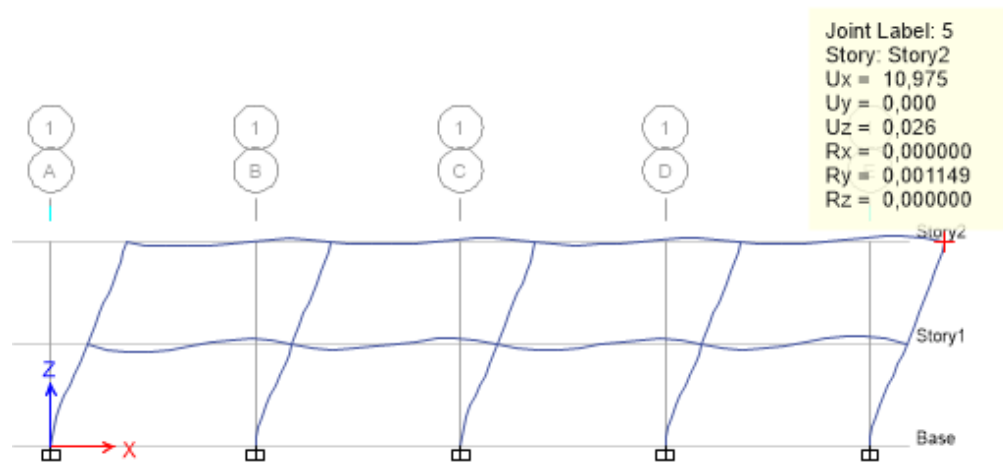


Figura 139 Derivas Dinámicas pórtico 14

Fuente: ETABS 2016 (*Computers and structures*)

Tabla 22 Comparación derivas tabuladas pórtico 14

Estático		Dinámico	
Ux	6,233	Ux	10,975

Uy	0	Uy	0
Uz	-0,016	Uz	0,026
Rx	0	Rx	0
Ry	0,000758	Ry	0,001149
Rz	0	Rz	0

Fuente: Autores

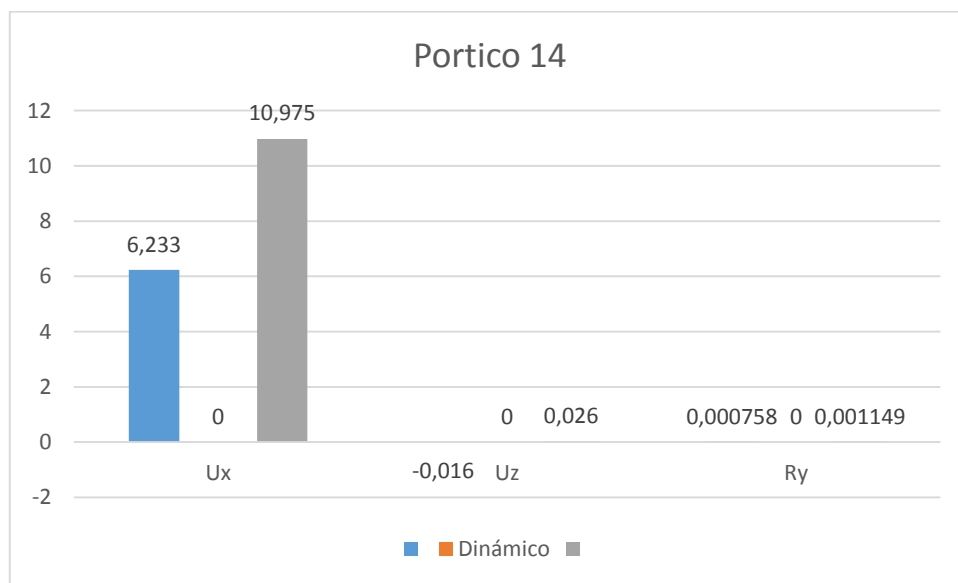


Figura 140. Comparación derivas pórtico 14

Fuente: Autores

Respecto al momento de sismos en cargas estáticas encontraremos lo referente a la gráfica de cargas muertas y en la parte dinámica a lo referente al espectro de diseño. Como requisito en el momento de la aplicación de sismos este tiene que estar en la opción de momentos 3-3 con el fin que se vea reflejado el momento más relevante.

- Estática

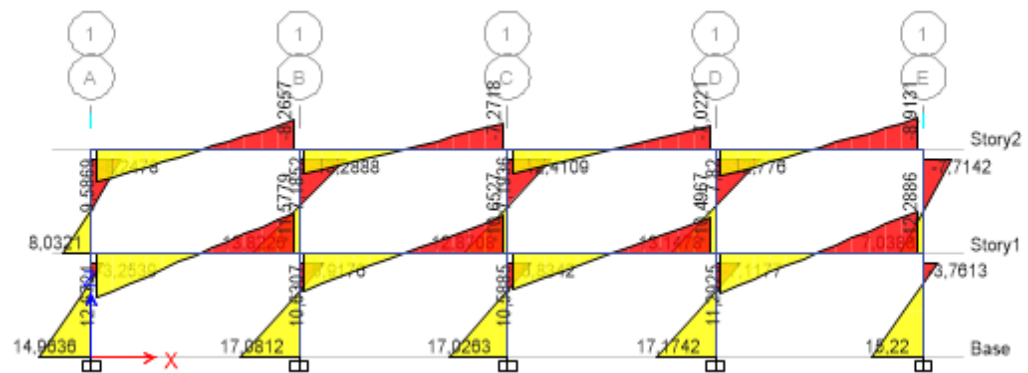


Figura 141 Graficas de Cargas estáticas pórtico 14

Fuente: ETABS 2016 (*Computers and structures*)

- Dinámica

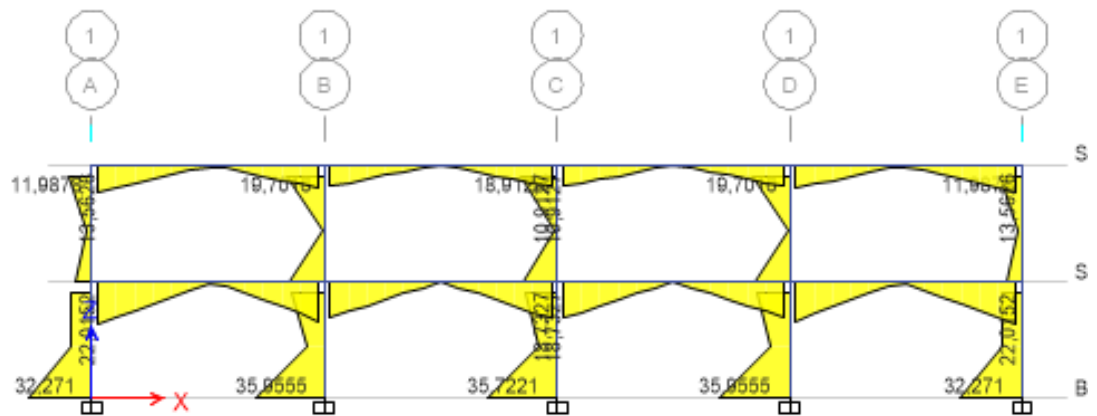
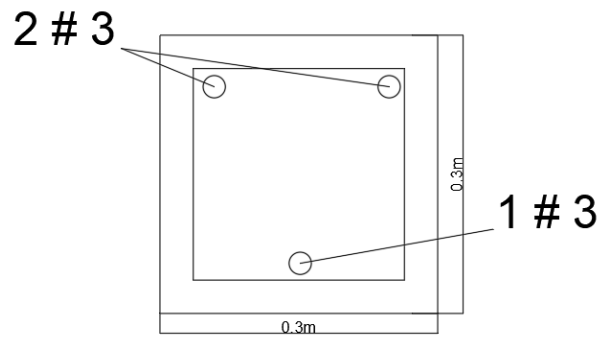


Figura 142 Graficas de Cargas Dinámicas pórtico 14

Fuente: ETABS 2016 (*Computers and structures*)

- Diseño de refuerzos



$$A_{\text{perno}} = p \cdot b \cdot d$$

$$A_{\text{perno}} = 0,0014 \cdot 300 \cdot 260$$

$$A_{\text{perno}} = 109,2 \text{ mm}^2$$

$$\# \text{Barras} = \frac{A_{\text{diseño}}}{A_{\text{area seccion barra}}}$$

$$\# \text{Barras} = \frac{109,2 \text{ mm}^2}{71} = 1,53 \approx 2 \# 3$$

- Inferior

$$A_{\text{perno}} = p \cdot b \cdot d$$

$$A_{\text{perno}} = 0,0008 \cdot 300 \cdot 260$$

$$A_{\text{perno}} = 62,4 \text{ mm}^2$$

$$\# \text{Barras} = \frac{A_{\text{diseño}}}{A_{\text{area seccion barra}}}$$

$$\# \text{Barras} = \frac{62,4 \text{ mm}^2}{71} = 0,88 = 1 \# 3$$

7.14. MODELACIÓN PÓRTICO 15

Para este pórtico encontramos las reacciones en ambos ejes de la siguiente forma:

- Estática

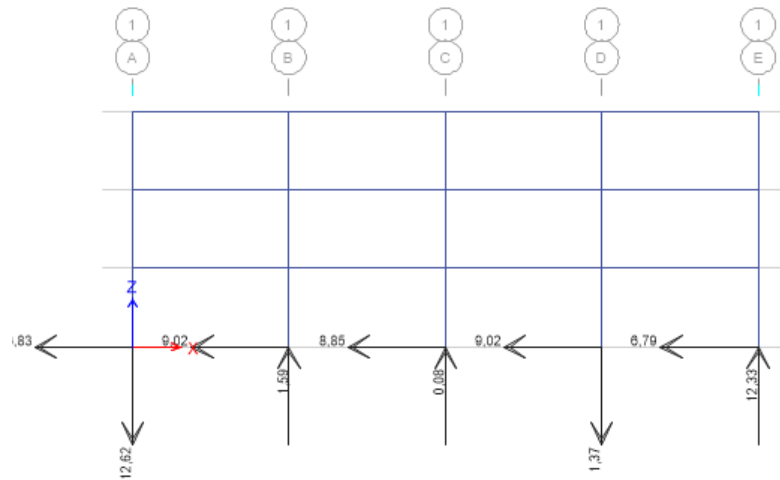


Figura 143 Modelación Estática de Reacciones pórtico 15

Fuente: ETABS 2016 (*Computers and structures*)

- Dinámica

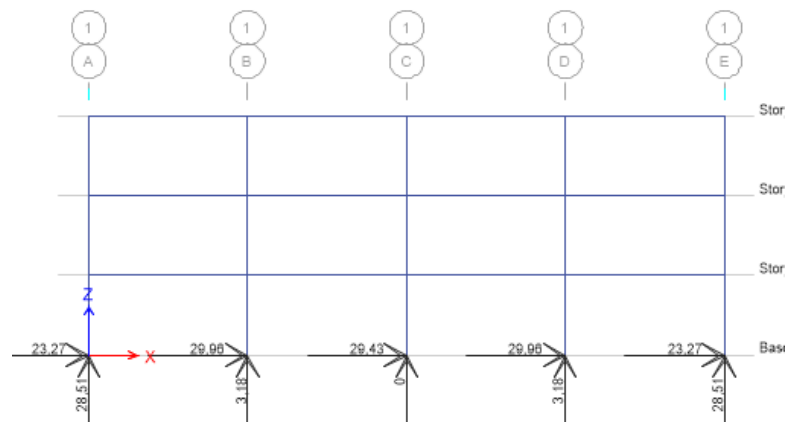


Figura 144 Modelación Dinámica de Reacciones pórtico 15

Fuente: ETABS 2016 (*Computers and structures*)

En las derivas encontramos:

- Estática

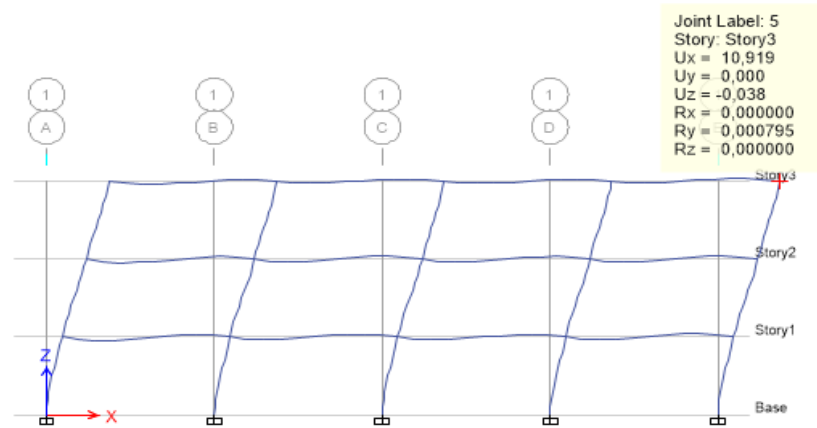


Figura 145 Derivas Estáticas pórtico 15

Fuente: ETABS 2016 (*Computers and structures*)

- Dinámica

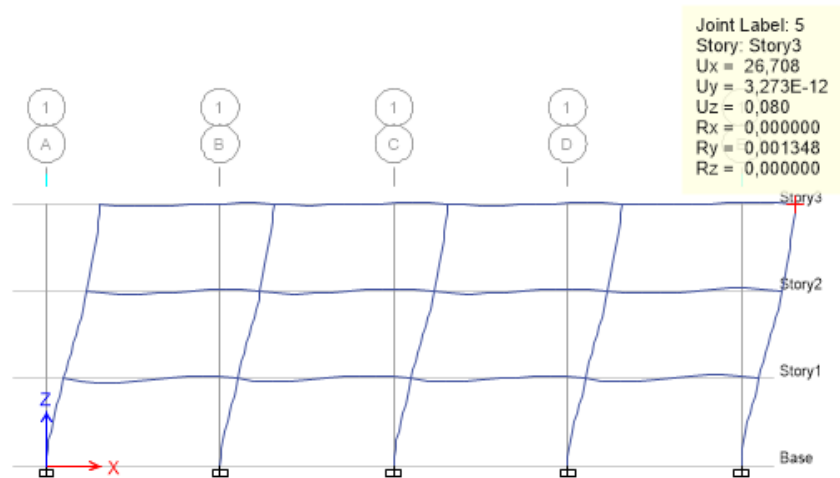


Figura 146 Derivas Dinámicas pórtico 15

Fuente: ETABS 2016 (*Computers and structures*)

Tabla 23 Comparación derivas tabuladas pórtico 15

Estático		Dinámico	
Ux	10,919	Ux	26,708

Uy	0	Uy	0
Uz	-0,038	Uz	0,08
Rx	0	Rx	0
Ry	0,000795	Ry	0,001348
Rz	0	Rz	0

Fuente: Autores

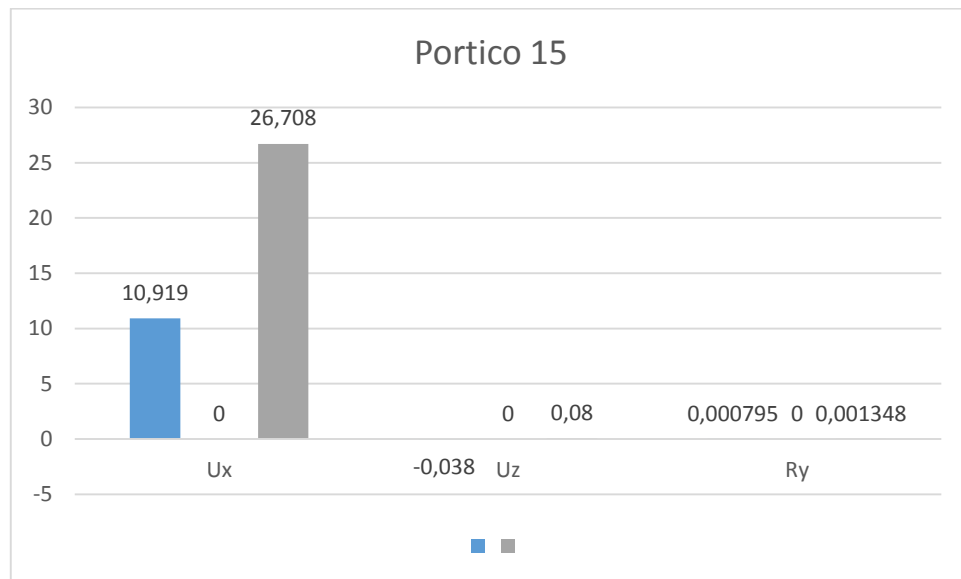


Figura 147. Comparación derivas pórtico 15

Fuente: Autores

Respecto al momento de sismos en cargas estáticas encontraremos lo referente a la gráfica de cargas muertas y en la parte dinámica a lo referente al espectro de diseño. Como requisito en el momento de la aplicación de sismos este tiene que estar en la opción de momentos 3-3 con el fin que se vea reflejado el momento más relevante.

- Estática

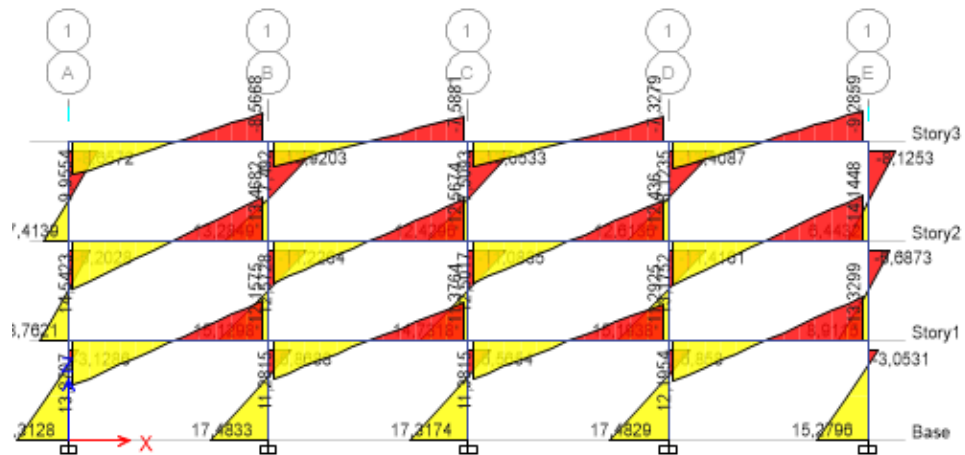


Figura 148 Graficas de Cargas estáticas pórtico 15

Fuente: ETABS 2016 (*Computers and structures*)

- Dinámica

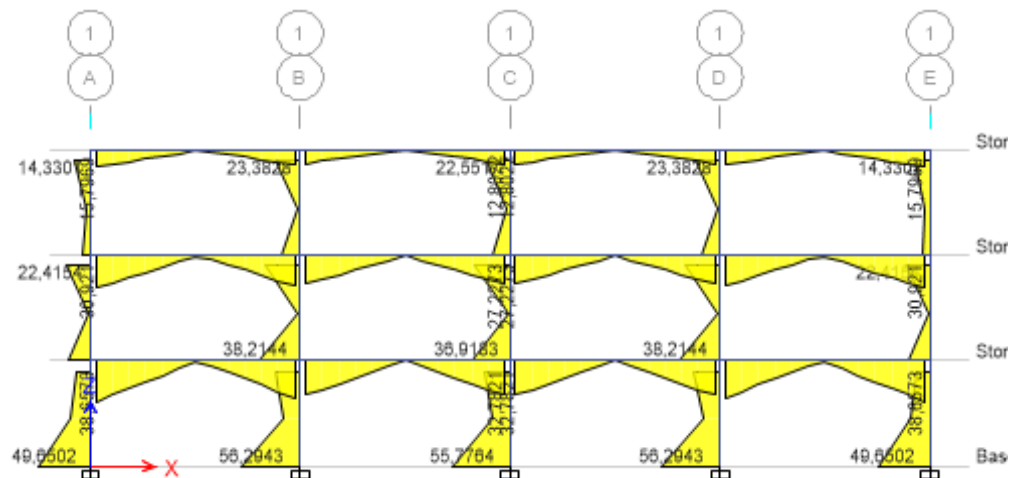
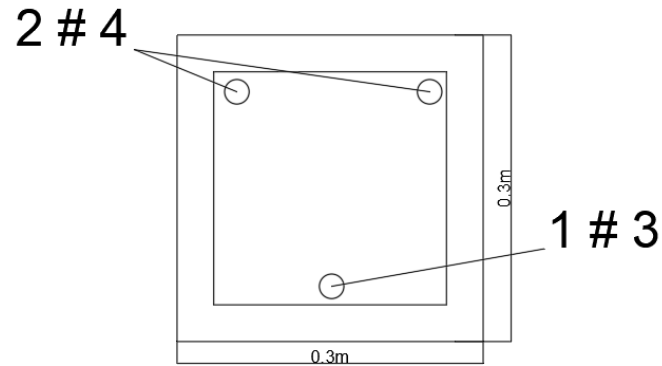


Figura 149 Graficas de Cargas Dinámicas pórtico 15

Fuente: ETABS 2016 (*Computers and structures*)

- Diseño de refuerzos



$$A_{sporno} = p \cdot b \cdot d$$

$$A_{sporno} = 0,0016 \cdot 300 \cdot 260$$

$$A_{sporno} = 125 \text{ mm}^2$$

$$\#Barras = \frac{A_{\text{diseño}}}{A_{\text{sección barra}}}$$

$$\#Barras = \frac{125 \text{ mm}^2}{129} = 0,96 \approx 2\#4$$

- Inferior

$$A_{sporno} = p \cdot b \cdot d$$

$$A_{sporno} = 0,0008 \cdot 300 \cdot 260$$

$$A_{sporno} = 62,4 \text{ mm}^2$$

$$\#Barras = \frac{A_{\text{diseño}}}{A_{\text{sección barra}}}$$

$$\#Barras = \frac{62,4 \text{ mm}^2}{71} = 0,88 = 1\#3$$

7.15. MODELACIÓN PÓRTICO 16

Para este pórtico encontramos las reacciones en ambos ejes de la siguiente forma:

- Estática

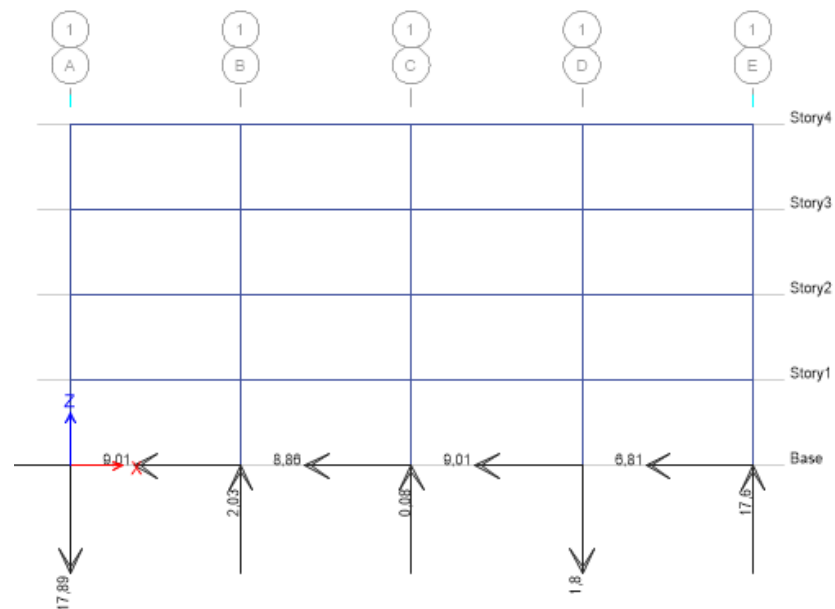


Figura 150 Modelación Estática de Reacciones pórtico 16

Fuente: ETABS 2016 (*Computers and structures*)

- Dinámica

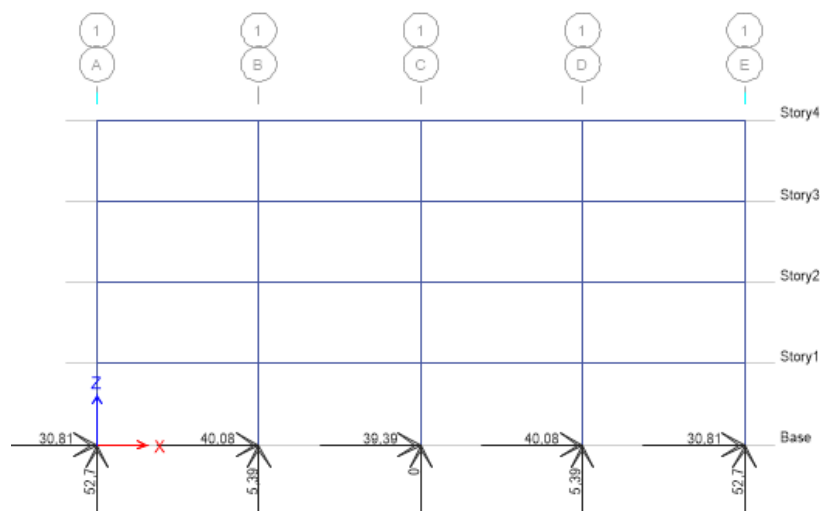


Figura 151 Modelación Dinámica de Reacciones pórtico 16

Fuente: ETABS 2016 (*Computers and structures*)

En las derivas encontramos:

- Estática

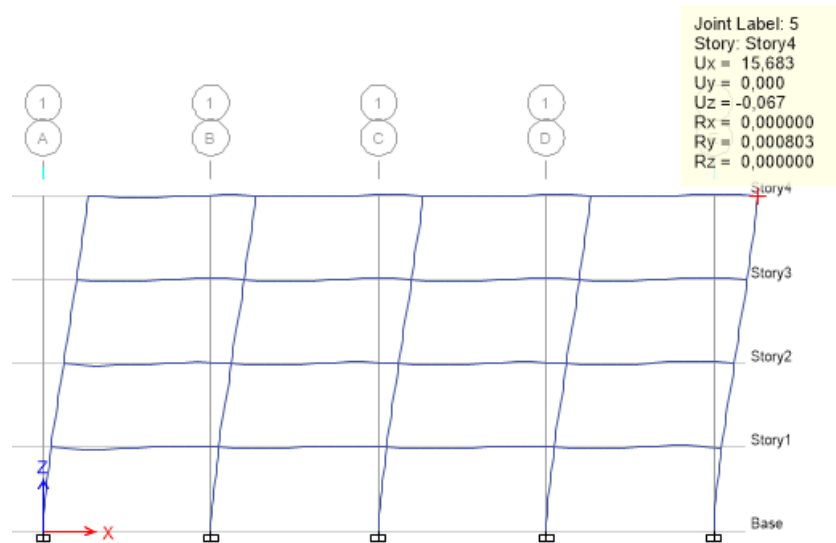


Figura 152 Derivas Estáticas pórtico 16

Fuente: ETABS 2016 (*Computers and structures*)

- Dinámica

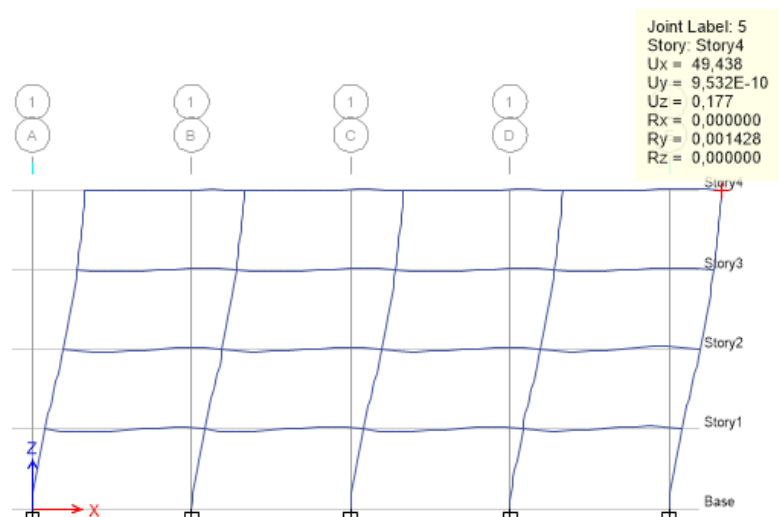


Figura 153 Derivas Dinámicas pórtico 16

Fuente: ETABS 2016 (*Computers and structures*)

Tabla 24 Comparación derivas tabuladas pórtico 16

Estático		Dinámico	
Ux	15,683	Ux	49,438
Uy	0	Uy	0
Uz	-0,067	Uz	0,177
Rx	0	Rx	0
Ry	0,000803	Ry	0,001428
Rz	0	Rz	0

Fuente: Autores

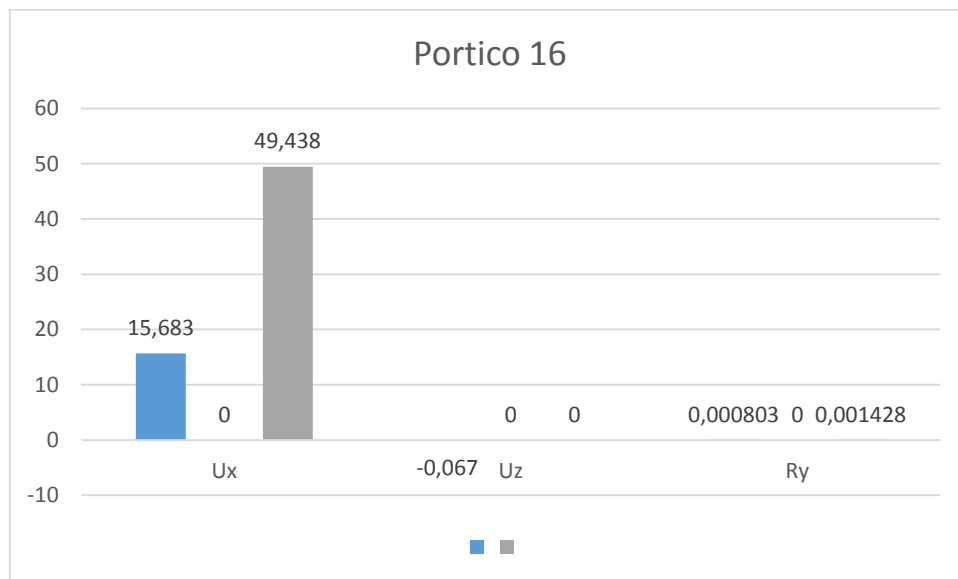


Figura 154. Comparación derivas pórtico 2

Fuente: Autores

Respecto al momento de sismos en cargas estáticas encontraremos lo referente a la gráfica de cargas muertas y en la parte dinámica a lo referente al espectro de diseño. Como requisito en el momento de la aplicación de sismos este tiene que estar en la opción de momentos 3-3 con el fin que se vea reflejado el momento más relevante.

- Estática

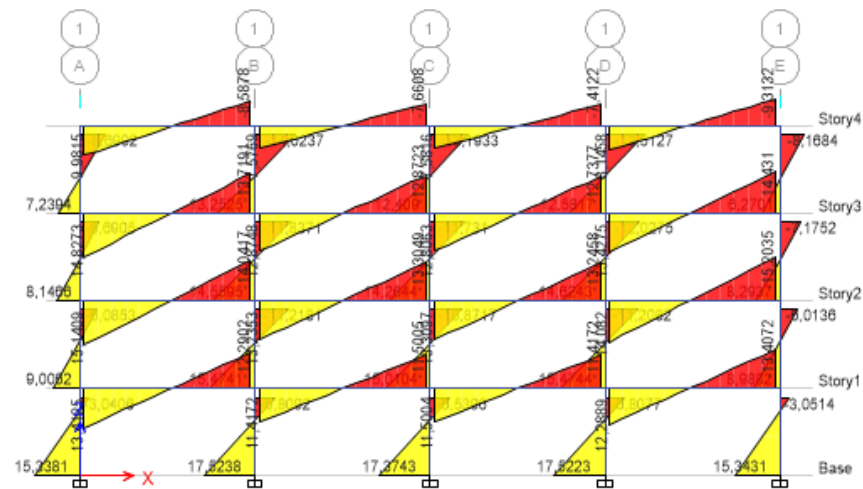


Ilustración 00.

Figura 155 Graficas de Cargas estáticas pórtico 16

Fuente: ETABS 2016 (*Computers and structures*)

- Dinámica

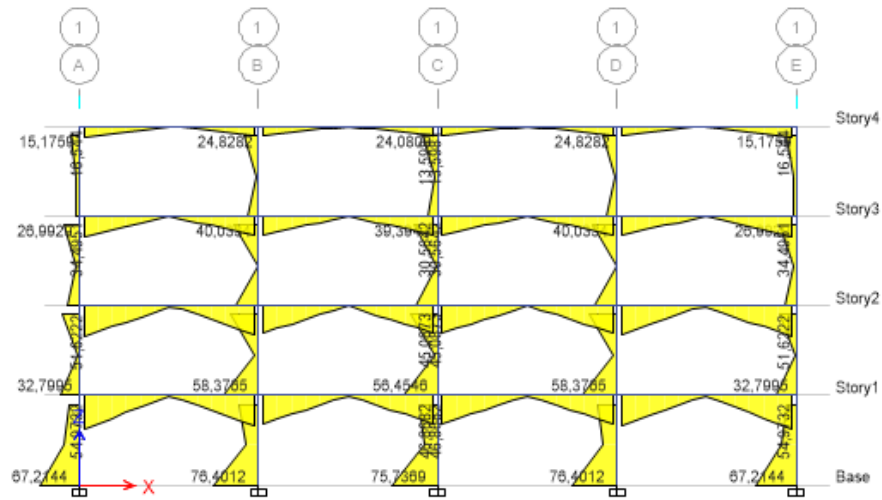
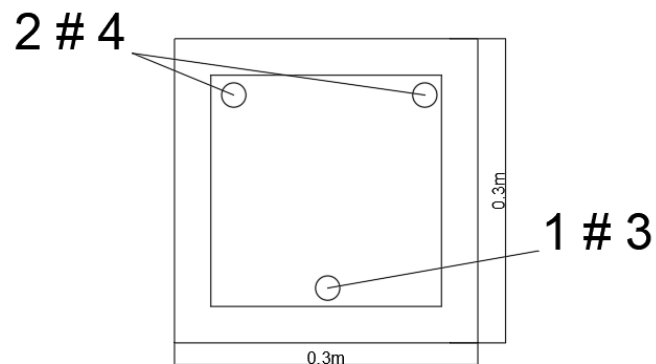


Figura 156 Graficas de Cargas Dinámicas pórtico 16

Fuente: ETABS 2016 (*Computers and structures*)

- Diseño de refuerzos



$$As_{perno} = p \cdot b \cdot d$$

$$As_{perno} = 0,0016 \cdot 300 \cdot 260$$

$$As_{perno} = 125 \text{ mm}^2$$

$$\#Barras = \frac{As_{diseño}}{Area_{seccion\ barra}}$$

$$\#Barras = \frac{125 \text{ mm}^2}{129} = 0,96 \approx 2\#4$$

- Inferior

$$Asperno = p \cdot b \cdot d$$

$$Asperno = 0,0008 \cdot 300 \cdot 260$$

$$Asperno = 62,4 \text{ mm}^2$$

$$\#Barras = \frac{As \text{ diseño}}{Area \text{ seccion barra}}$$

$$\#Barras = \frac{62,4 \text{ mm}^2}{71} = 0,88 = 1\#3$$

7.16. MODELACIÓN PÓRTICO 17

Para este pórtico encontramos las reacciones en ambos ejes de la siguiente forma:

- Estática

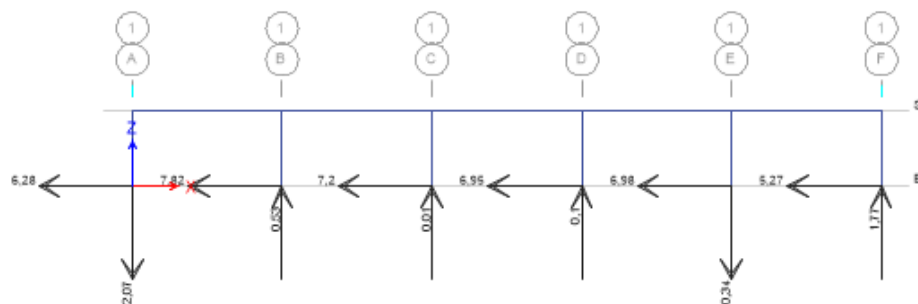


Figura 157 Modelación Estática de Reacciones pórtico 17

Fuente: ETABS 2016 (*Computers and structures*)

- Dinámica

Figura 160 Derivas Dinámicas pórtico 17

Fuente: ETABS 2016 (*Computers and structures*)

Tabla 25 Comparación derivas tabuladas pórtico 17

Estático		Dinámico	
Ux	1,585	Ux	2,335
Uy	0	Uy	0
Uz	-0,003	Uz	0,004
Rx	0	Rx	0
Ry	0,000473	Ry	0,000697
Rz	0	Rz	0

Fuente: Autores

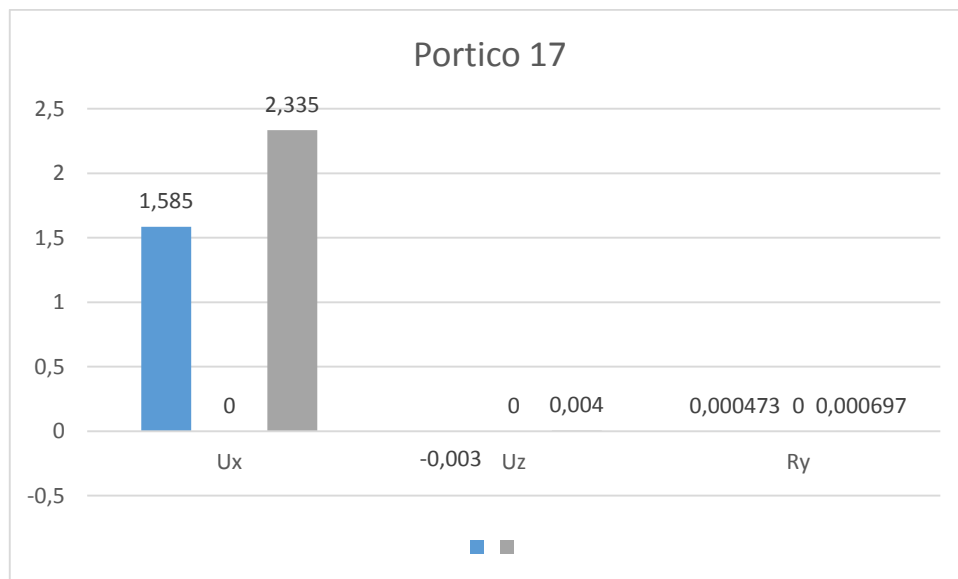


Figura 161. Comparación derivas pórtico 17

Fuente: Autores

Respecto al momento de sismos en cargas estáticas encontraremos lo referente a la gráfica de cargas muertas y en la parte dinámica a lo referente al espectro de diseño. Como requisito en el momento de la aplicación de sismos este tiene que estar en la opción de momentos 3-3 con el fin que se vea reflejado el momento más relevante.

- Estática

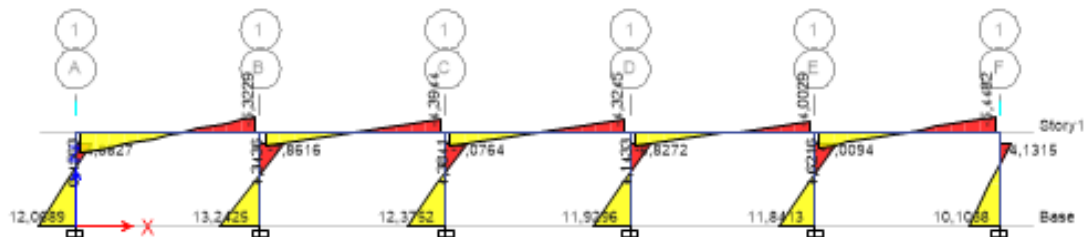


Figura 162 Graficas de Cargas estáticas pórtico 17

Fuente: ETABS 2016 (*Computers and structures*)

- Dinámica

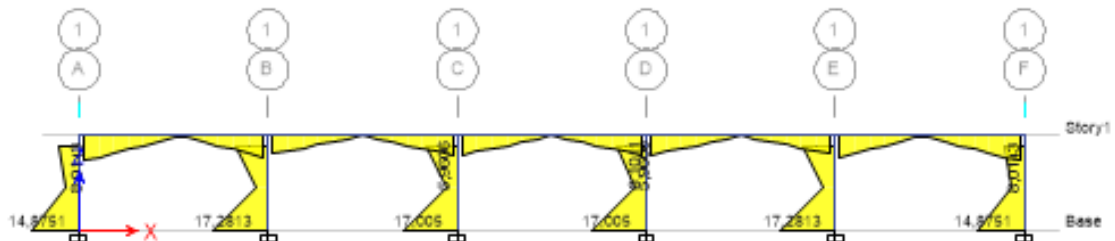
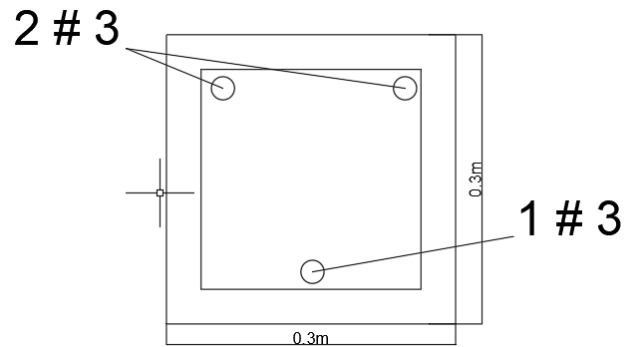


Figura 163 Graficas de Cargas Dinámicas pórtico 17

Fuente: ETABS 2016 (*Computers and structures*)

- Diseño de refuerzos



$$A_{\text{perno}} = p \cdot b \cdot d$$

$$A_{\text{perno}} = 0,0014 \cdot 300 \cdot 260$$

$$A_{\text{perno}} = 109,2 \text{ mm}^2$$

$$\# \text{Barras} = \frac{A_{\text{diseño}}}{A_{\text{area seccion barra}}}$$

$$\# \text{Barras} = \frac{109,2 \text{ mm}^2}{71} = 1,53 \approx 2 \# 3$$

- Inferior

$$A_{\text{perno}} = p \cdot b \cdot d$$

$$A_{\text{perno}} = 0,0008 \cdot 300 \cdot 260$$

$$A_{\text{perno}} = 62,4 \text{ mm}^2$$

$$\# \text{Barras} = \frac{A_{\text{diseño}}}{A_{\text{area seccion barra}}}$$

$$\# \text{Barras} = \frac{62,4 \text{ mm}^2}{71} = 0,88 = 1 \# 3$$

7.17. MODELACIÓN PÓRTICO 18

Para este pórtico encontramos las reacciones en ambos ejes de la siguiente forma:

- Estática

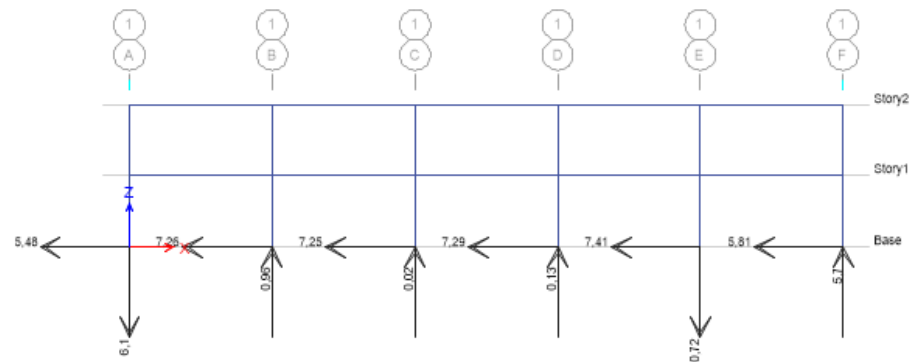


Figura 164 Modelación Estática de Reacciones pórtico 18

Fuente: ETABS 2016 (*Computers and structures*)

- Dinámica

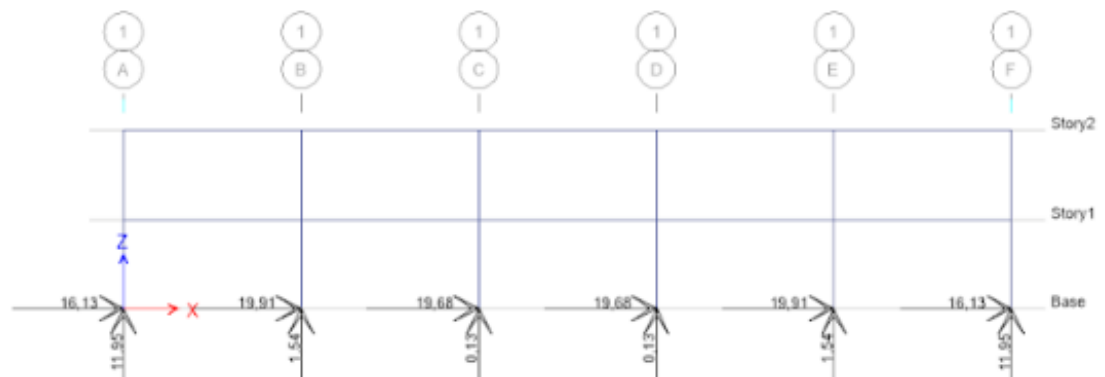


Figura 165 Modelación Dinámica de Reacciones pórtico 18

Fuente: ETABS 2016 (*Computers and structures*)

En las derivas encontramos:

- Estática

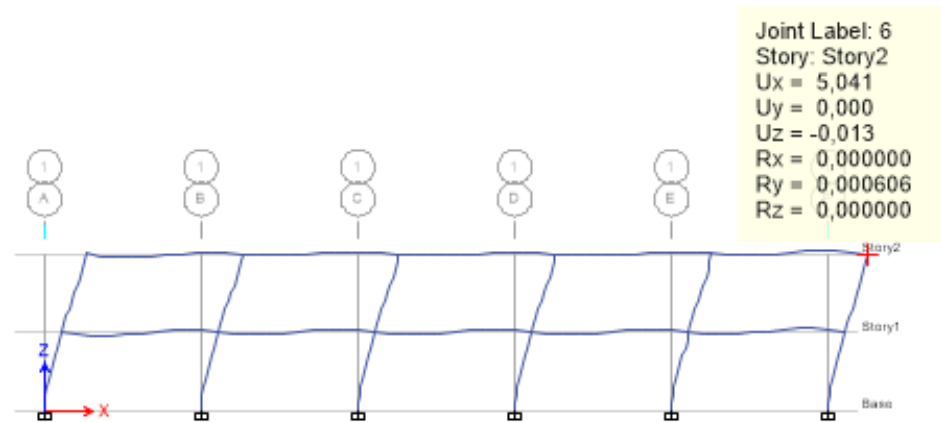


Figura 166 Estáticas pórtico 18

Fuente: ETABS 2016 (*Computers and structures*)

- Dinámica

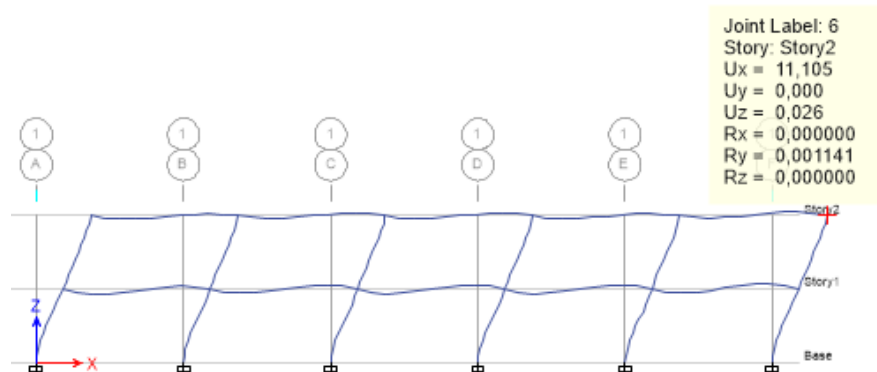


Figura 167 Derivas Dinámicas pórtico 18

Fuente: ETABS 2016 (*Computers and structures*)

Tabla 26 Comparación derivas tabuladas pórtico 18

Estático		Dinámico	
Ux	5,041	Ux	11,105
Uy	0	Uy	0

Uz	-0,013	Uz	0,026
Rx	0	Rx	0
Ry	0,000606	Ry	0,001141
Rz	0	Rz	0

Fuente: Autores

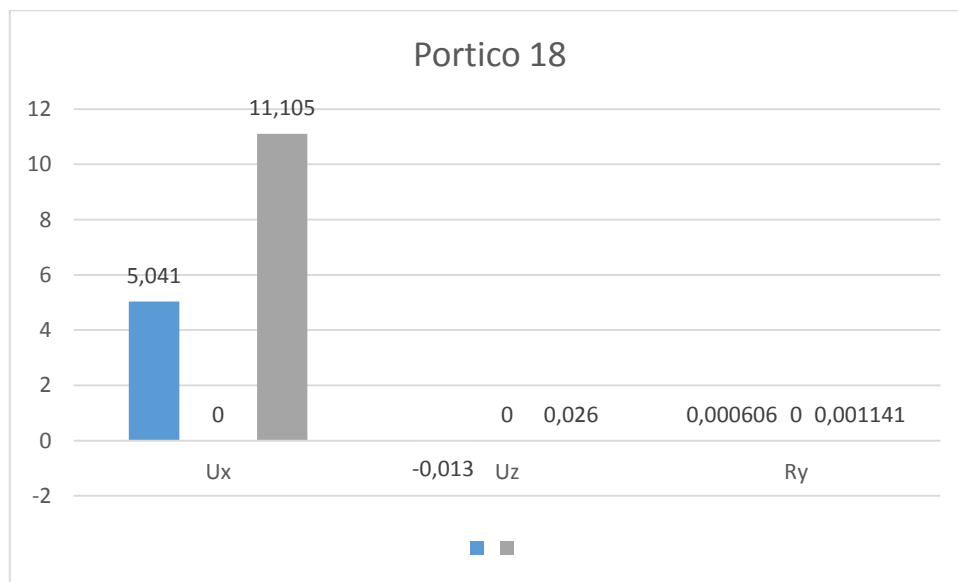


Figura 168. Comparación derivas pórtico 18

Fuente: Autores

Respecto al momento de sismos en cargas estáticas encontraremos lo referente a la gráfica de cargas muertas y en la parte dinámica a lo referente al espectro de diseño. Como requisito en el momento de la aplicación de sismos este tiene que estar en la opción de momentos 3-3 con el fin que se vea reflejado el momento más relevante.

- Estática

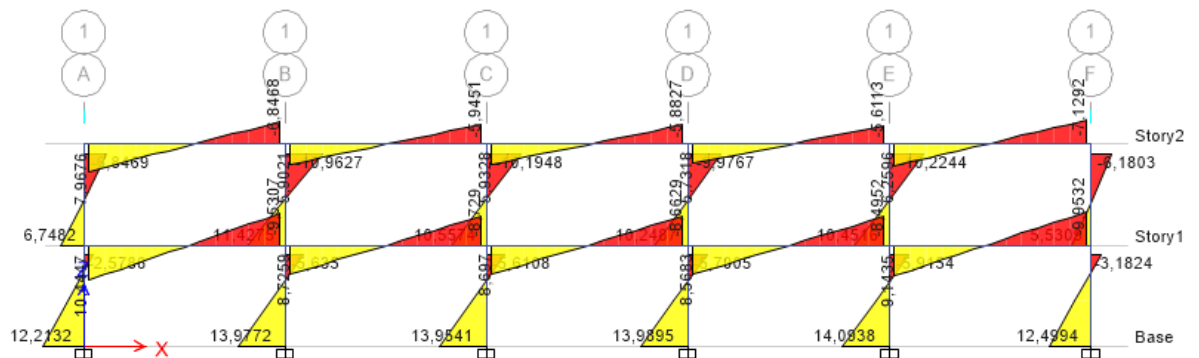


Figura 169 Graficas de Cargas estáticas pórtico 18

Fuente: ETABS 2016 (*Computers and structures*)

- Dinámica

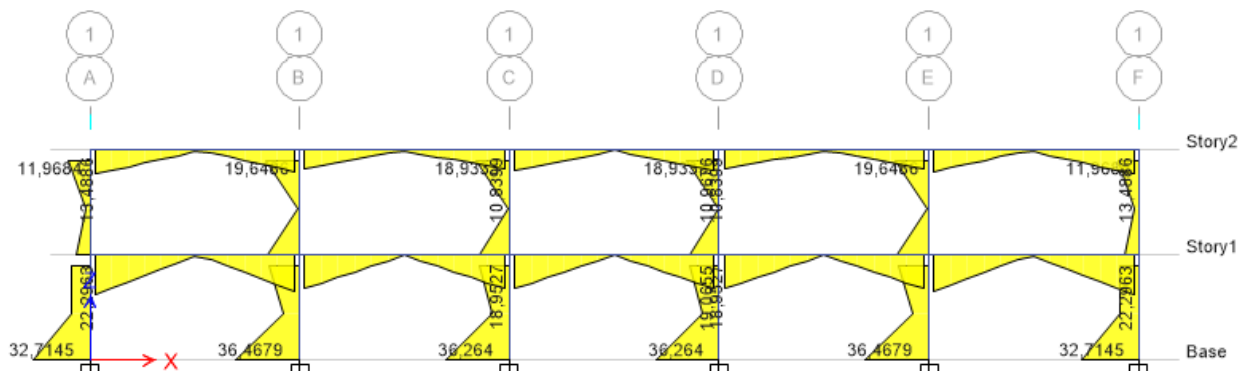
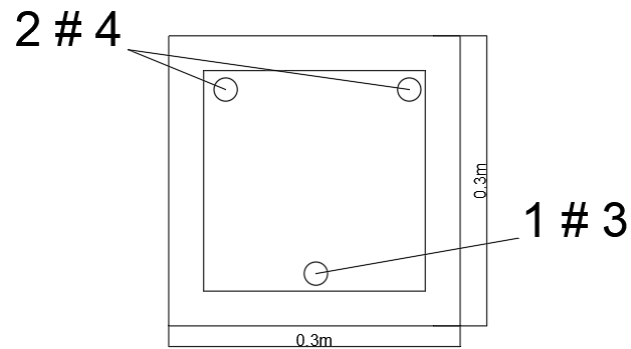


Figura 170 Graficas de Cargas Dinámicas pórtico 18

Fuente: ETABS 2016 (*Computers and structures*)

- Diseño de refuerzos



$$As_{perno} = p \cdot b \cdot d$$

$$As_{perno} = 0,0015 \cdot 300 \cdot 260$$

$$As_{perno} = 117 \text{ mm}^2$$

$$\#Barras = \frac{As_{diseño}}{Area_{sección\ barra}}$$

$$\#Barras = \frac{117 \text{ mm}^2}{129} = 0,91 \approx 2\#4$$

- Inferior

$$As_{perno} = p \cdot b \cdot d$$

$$As_{perno} = 0,0008 \cdot 300 \cdot 260$$

$$As_{perno} = 62,4 \text{ mm}^2$$

$$\#Barras = \frac{As_{diseño}}{Area_{sección\ barra}}$$

$$\#Barras = \frac{62,4 \text{ mm}^2}{71} = 0,88 = 1\#3$$

7.18. MODELACIÓN PÓRTICO 19.

Para este pórtico encontramos las reacciones en ambos ejes de la siguiente forma:

- Estática

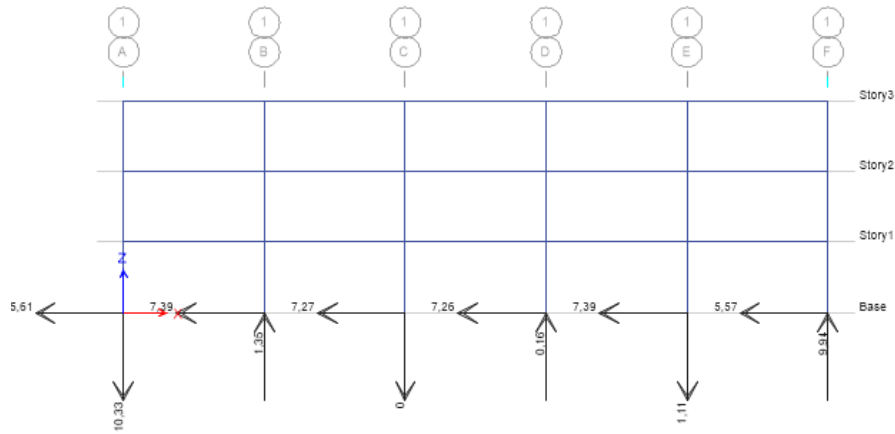


Figura 171 Modelación Estática de Reacciones pórtico 19

Fuente: ETABS 2016 (*Computers and structures*)

- Dinámica

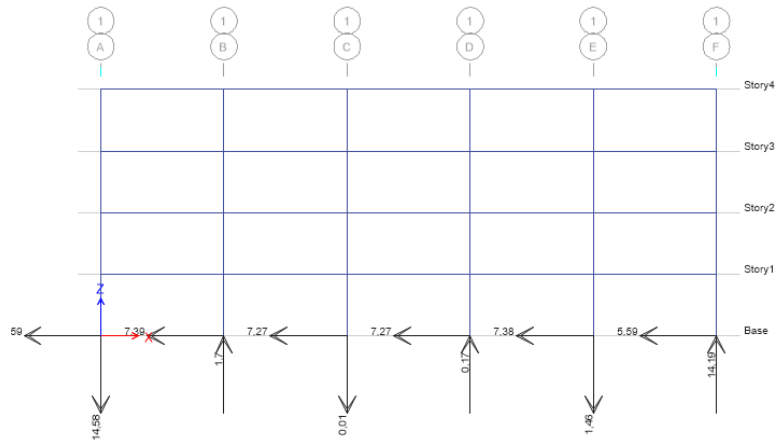


Figura 172 Modelación Dinámica de Reacciones pórtico 19

Fuente: ETABS 2016 (*Computers and structures*)

En las derivas encontramos:

- Estática

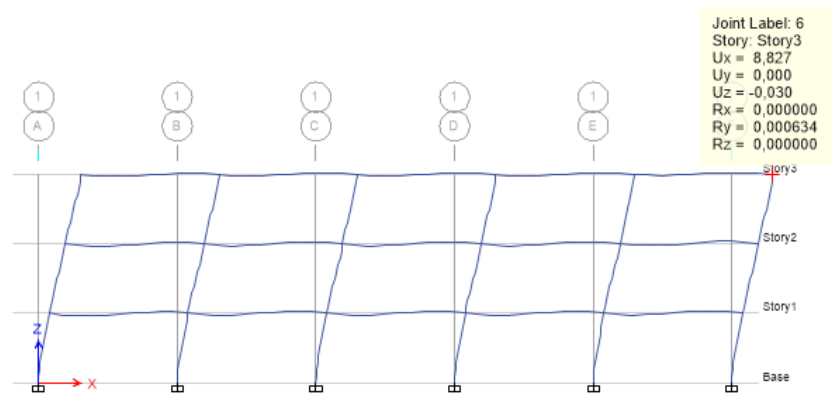


Figura 173 Derivas Estáticas pórtico 19

Fuente: ETABS 2016 (*Computers and structures*)

- Dinámica

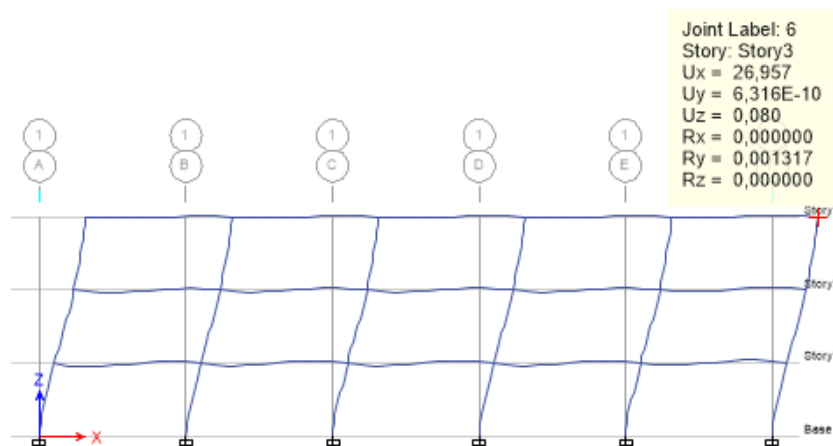


Figura 174 Derivas Dinámicas pórtico 19

Fuente: ETABS 2016 (*Computers and structures*)

Tabla 27 Comparación derivas tabuladas pórtico 19

Estático		Dinámico	
Ux	8,827	Ux	26,957
Uy	0	Uy	0

Uz	-0,03	Uz	0,08
Rx	0	Rx	0
Ry	0,000634	Ry	0,001317
Rz	0	Rz	0

Fuente: Autores

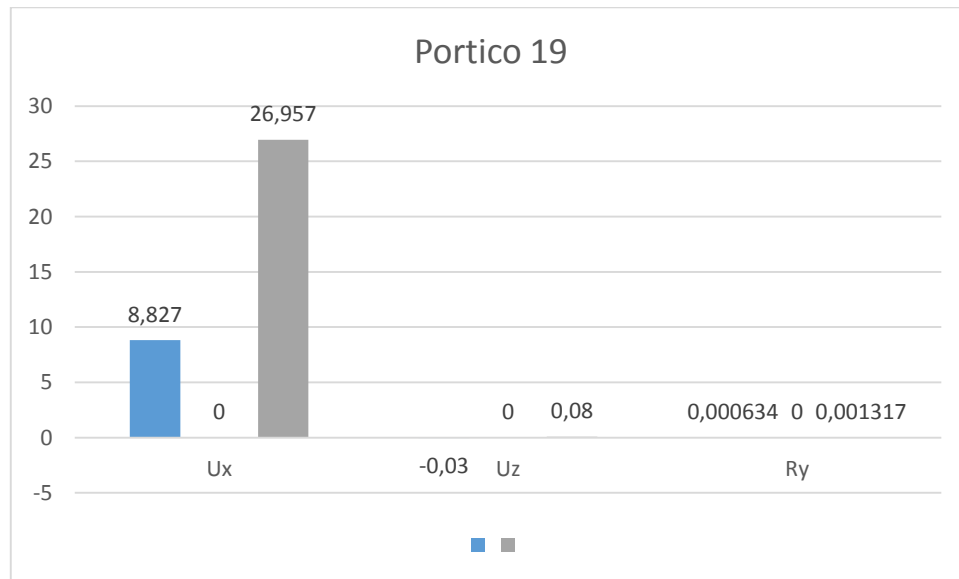


Figura 175. Comparación derivas pórtico 19

Fuente: Autores

Respecto al momento de sismos en cargas estáticas encontraremos lo referente a la gráfica de cargas muertas y en la parte dinámica a lo referente al espectro de diseño. Como requisito en el momento de la aplicación de sismos este tiene que estar en la opción de momentos 3-3 con el fin que se vea reflejado el momento más relevante.

- Estática

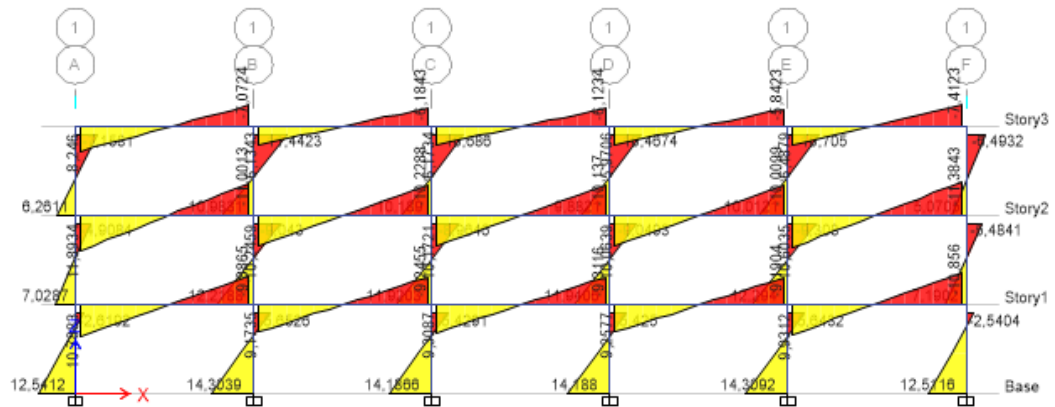


Figura 176 Graficas de Cargas estáticas pórtico 19

Fuente: ETABS 2016 (*Computers and structures*)

- Dinámica

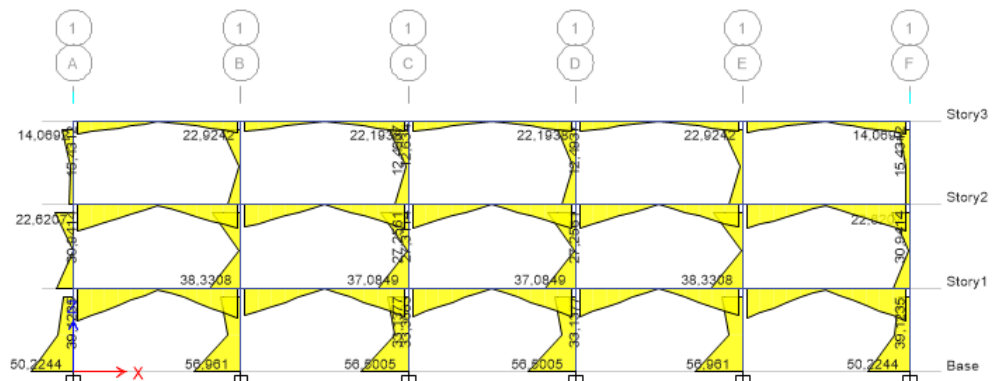
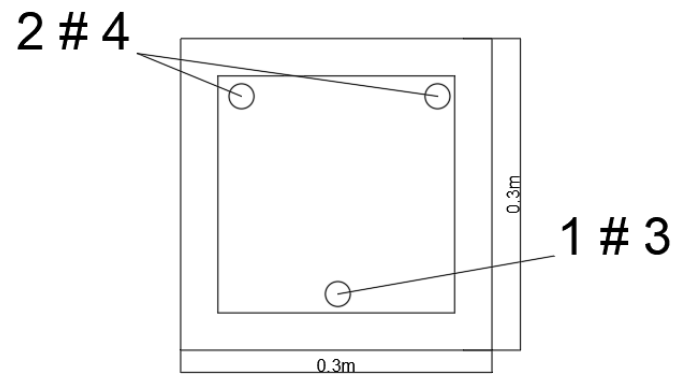


Figura 177 Graficas de Cargas Dinámicas pórtico 19

Fuente: ETABS 2016 (*Computers and structures*)

- Diseño de refuerzos



$$As_{perno} = p \cdot b \cdot d$$

$$As_{perno} = 0,0016 \cdot 300 \cdot 260$$

$$As_{perno} = 125 \text{ mm}^2$$

$$\#Barras = \frac{As_{diseño}}{Area_{sección\ barra}}$$

$$\#Barras = \frac{125 \text{ mm}^2}{129} = 0,96 \approx 2\#4$$

- Inferior

$$As_{perno} = p \cdot b \cdot d$$

$$As_{perno} = 0,0008 \cdot 300 \cdot 260$$

$$As_{perno} = 62,4 \text{ mm}^2$$

$$\#Barras = \frac{As_{diseño}}{Area_{sección\ barra}}$$

$$\#Barras = \frac{62,4 \text{ mm}^2}{71} = 0,88 = 1\#3$$

7.19. MODELACIÓN PÓRTICO 20

Para este pórtico encontramos las reacciones en ambos ejes de la siguiente forma:

- Estática

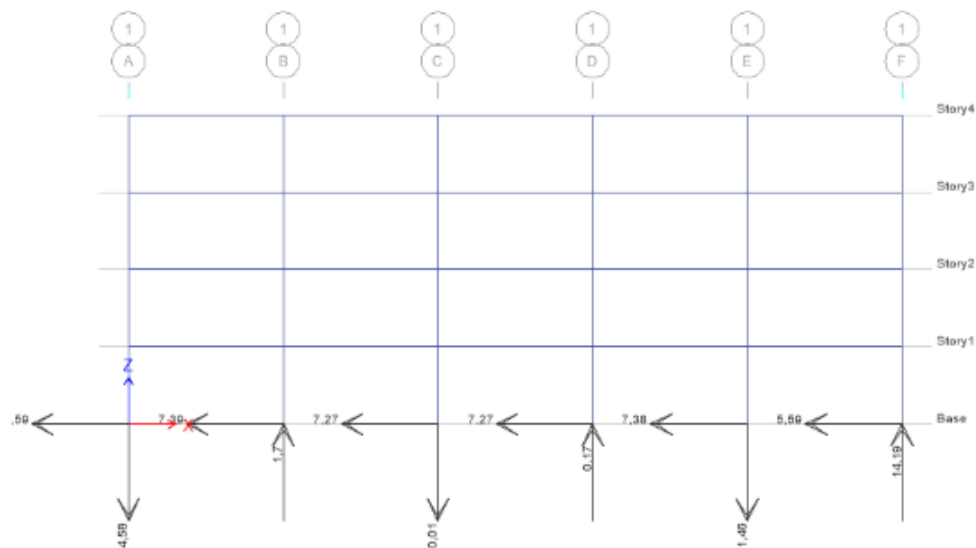


Figura 178 Modelación Estática de Reacciones pórtico 20

Fuente: ETABS 2016 (*Computers and structures*)

- Dinámica

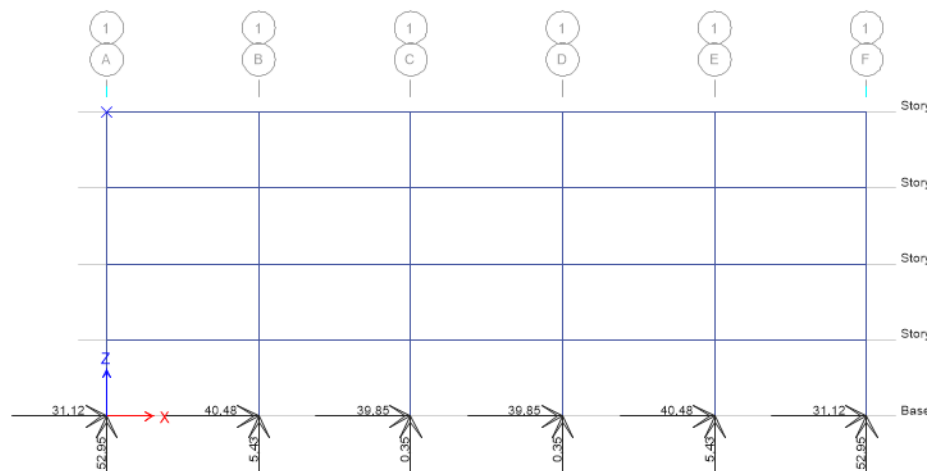


Figura 179 Modelación Dinámica de Reacciones pórtico 20

Fuente: ETABS 2016 (*Computers and structures*)

En las derivas encontramos:

- Estática

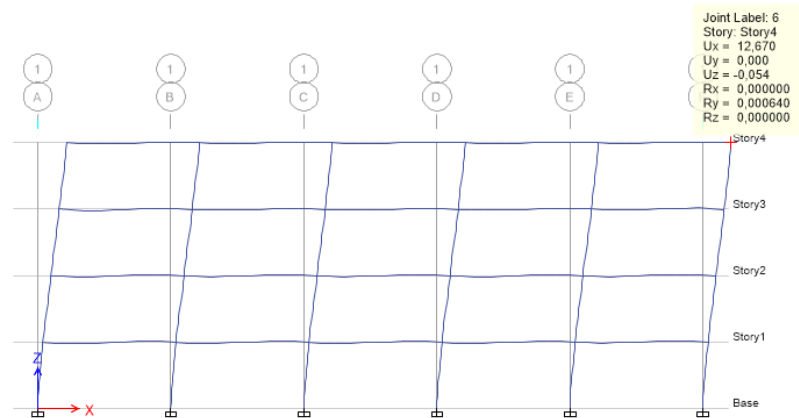


Figura 180 Derivas Estáticas pórtico 20

Fuente: ETABS 2016 (*Computers and structures*)

- Dinámica

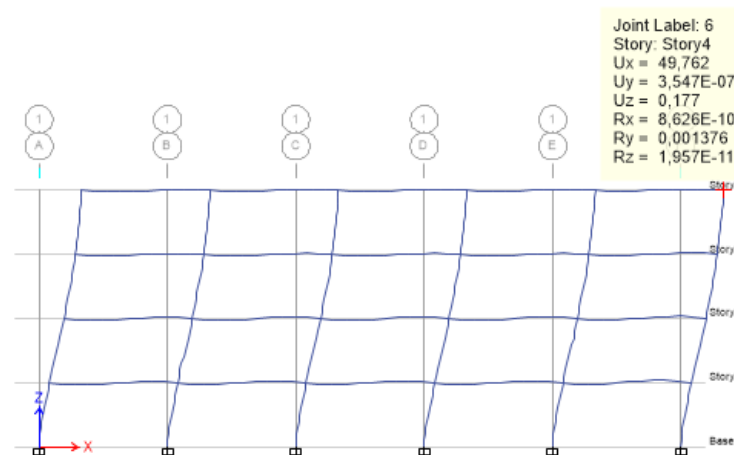


Figura 181 Derivas Dinámicas pórtico 20

Fuente: ETABS 2016 (*Computers and structures*)

Tabla 28. Comparación derivas tabuladas pórtico 20

Estático	Dinámico
----------	----------

Ux	12,67	Ux	49,762
Uy	0	Uy	0
Uz	-0,054	Uz	0,177
Rx	0	Rx	0
Ry	0,00064	Ry	0,001376
Rz	0	Rz	0

Fuente: Autores

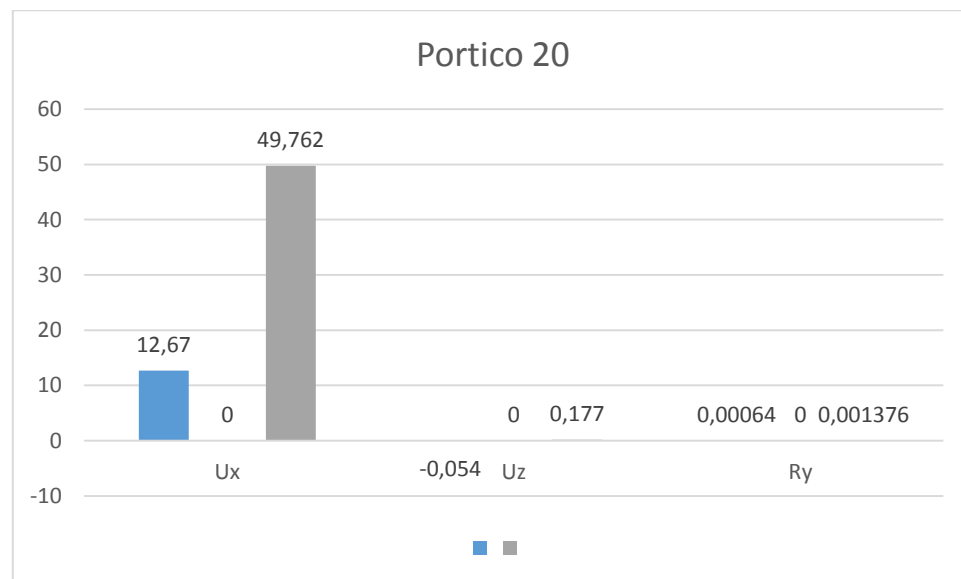


Figura 182. Comparación derivas pórtico 20

Fuente: Autores

Respecto al momento de sismos en cargas estáticas encontraremos lo referente a la gráfica de cargas muertas y en la parte dinámica a lo referente al espectro de diseño. Como requisito en el momento de la aplicación de sismos este tiene que estar en la opción de momentos 3-3 con el fin que se vea reflejado el momento más relevante.

- Estática

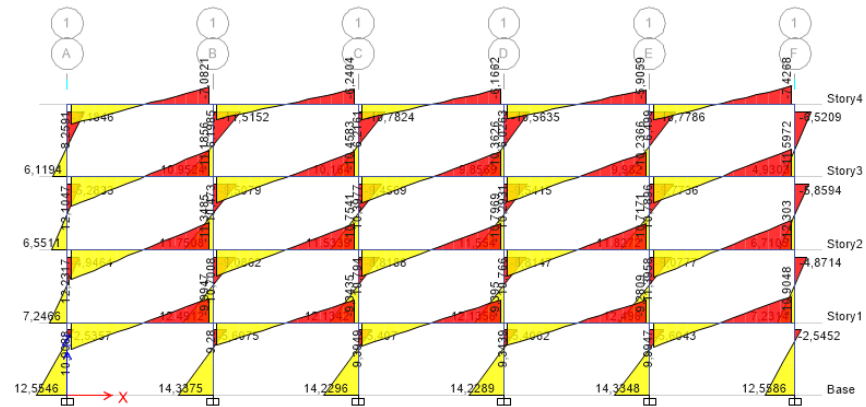


Figura 183 Graficas de Cargas estáticas pórtico 20

Fuente: ETABS 2016 (*Computers and structures*)

- Dinámica

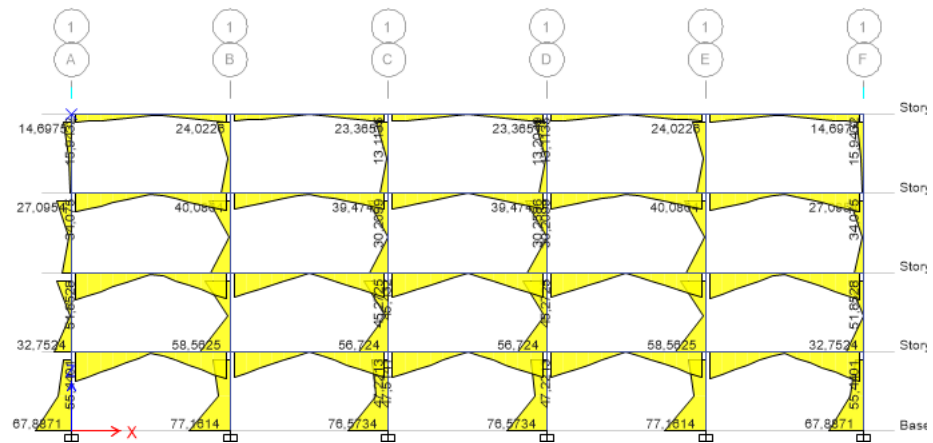
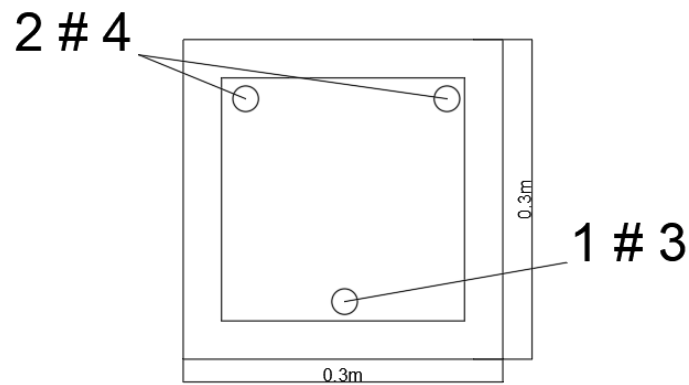


Figura 184 Graficas de Cargas Dinámicas pórtico 20

Fuente: ETABS 2016 (*Computers and structures*)

- Diseño de refuerzos



$$As_{perno} = p \cdot b \cdot d$$

$$As_{perno} = 0,0016 \cdot 300 \cdot 260$$

$$As_{perno} = 125 \text{ mm}^2$$

$$\#Barras = \frac{As_{diseño}}{Area_{sección\ barra}}$$

$$\#Barras = \frac{125 \text{ mm}^2}{129} = 0,96 \approx 2\#4$$

- Inferior

$$As_{perno} = p \cdot b \cdot d$$

$$As_{perno} = 0,0008 \cdot 300 \cdot 260$$

$$As_{perno} = 62,4 \text{ mm}^2$$

$$\#Barras = \frac{As_{diseño}}{Area_{sección\ barra}}$$

$$\#Barras = \frac{62,4 \text{ mm}^2}{71} = 0,88 = 1\#3$$

8. ANÁLISIS DE RESULTADOS

Tabla 29. Desplazamiento horizontal de los análisis estático y dinámico

Pórticos	Desplazamiento Estático	Desplazamiento Dinámico
1	5,803	7,847
2	3,601	2,215
3	2,566	2,273
4	1,973	2,311
5	10,464	19,747
6	35,918	26,578
7	52,723	39,224
8	11,621	10,811
9	20,495	26,608
10	29,637	49,926
11	8,115	10,902
12	14,263	26,703
13	20,526	49,641
14	6,233	10,975
15	10,919	26,708
16	15,683	49,438
17	1,585	2,335
18	5,041	11,105
19	8,827	26,957
20	12,67	49,762

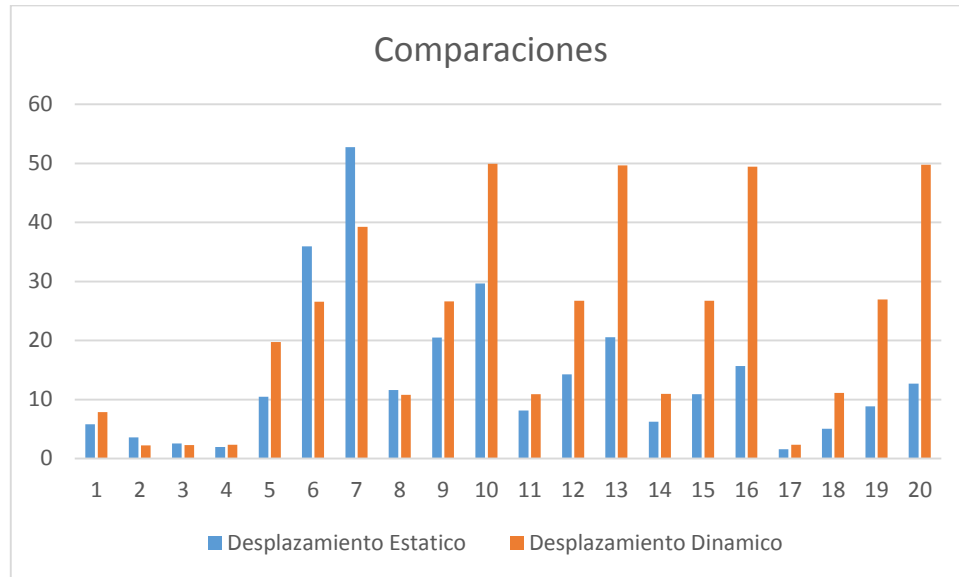


Figura 185. Desplazamiento horizontal de los análisis estático y dinámico

Fuente: Autores

1. Al determinar el nivel de desempeño de las 20 estructuras a porticadas en concreto para la ciudad de Bogotá por medio del software ETABS, los resultados obtenidos en esta comparación de desplazamiento nos arrojan que:

- En los cuatro primeros pórticos donde se aumenta de forma ascendente los vanos, se reflejan los valores mayores en el desplazamiento dinámico y aumentan de manera ascendente en cada modelación, dando así una mayor aceptación para el caso de análisis elástico estático lineal arrojando un menor desplazamiento.

Tabla 30. Desplazamiento de los primeros pórticos

Porticos	Desplazamiento Estático	Desplazamiento Dinámico
1	5,803	7,847
2	3,601	2,215

3	2,566	2,273
4	1,973	2,311

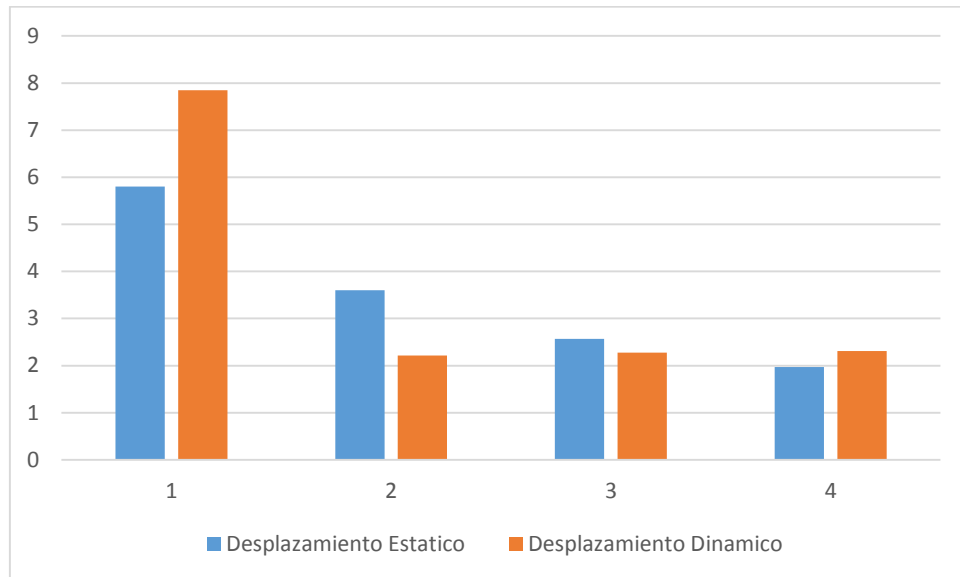


Figura 186. Desplazamiento de los primeros pórticos

- Seguido a esto cuando se aumentan los números de pisos en las condiciones de vanos iguales, actúa de mejor manera el análisis dinámico con un desplazamiento menor, esto se debe a que en el análisis estático estamos aplicando una fuerza horizontal puntual en una de sus esquinas, en sentido paralelo al desplazamiento reflejado.

Tabla 31. Desplazamiento de los segundos pórticos

Porticos	Desplazamiento Estático	Desplazamiento Dinámico
5	19,747	10,464
6	35,918	26,578

7	52,723	39,224
---	--------	--------

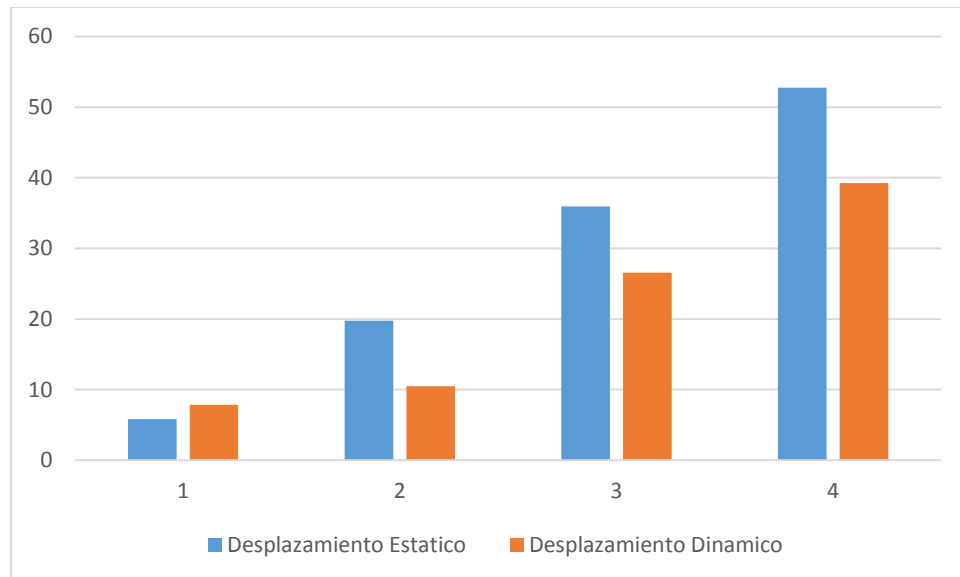


Figura 187. Desplazamiento de los segundos pórticos.

- Para el resto de los pórticos cuando se van aumentando de manera lineal tanto piso como vanos vemos reflejado que existe una mejor aceptación en el análisis estático.
- Se reflejó que en los pórticos a mayor altura se comportan mejor de la manera estática.

Pero tenemos que tener en cuenta que cada pórtico tiene características diferentes en donde los arrojan diferencias en estos desplazamientos.

2. El diseño espectral que se utilizó en para el cálculo de derivas fue el N° 1 en donde nos arroja un movimiento horizontal uniforme, este diseño se escogió debido a que es el más crítico ya que la estructura tiene un mayor movimiento.

3. En los momento de las cargas analizadas encontramos valores que poseen una variación muy atípica si los llegamos a comparar con los momentos en donde ya se realizó la aplicación de los sismos, es se debe a las fuerzas aplicadas para cada uno de ellos, si verificas las reacción en cada uno de los 20 pórticos encontramos valores aceptables en cuanto al tamaño de las luces y en general de toda la estructura.
4. Basándose en el diseño del análisis Dinámico lineal en el programa ETABS se comprueba que al sacar unos de los pórticos la gravedad varía según la gráfica de correcciones de la norma NSR-10 en el Título A; hallando un V_s multiplicando con el valor mayor del espectro de diseño y así dividiéndolo por la gravedad obtenida en mm2. Para comprobar que así el valor de la gráfica del análisis este cumpliendo y no de un mayor al 1%. Donde se encontrara en los ANEXOS y así como resultados los valores den muy similares con lo que facilita ETABS para hacer aquel análisis dinámico.

9. CONCLUSIONES

Se determinó veinte pórticos en concreto reforzados diseñados por el método dinámico lineal y el método elástico- estático lineal, con una fuerza horizontal según la zona sísmica tratada en este caso (zona 2 Piedemonte). Asimismo se utilizan un modelo estructural con ayuda de software especializado como lo es ETABS-2016. Cumpliendo así las especificaciones establecidas según la Norma NSR-10, comparando entre estos dos métodos donde se permitió hacer un reconocimiento sobre la estabilidad de cada método y se evidencio que cumplía; puesto que los desplazamientos se evidenciaron más que todo en el análisis Dinámico lineal, lo que se concluyó que el diseño estructural del concreto reforzado es mucho más rígido y resistente para diseños del análisis dinámico.

Basándonos en los parámetros de diseño de la norma NSR – 10 para estructuras a porticadas en concreto, el principal objetivo era diseñar 20 pórticos y analizarlo cada uno respectivamente por medio de la modelación estática elástica lineal y el dinámico lineal, cumpliendo con los requisitos y rangos establecidos en la modelación manual del primer pórtico, la comparación con el análisis bajo el software y seguido la comparación anteriormente nombrada.

Para finalizar se toma como referente los resultados obtenidos ante una construcción que se va a ejecutar en Colombia, se tiene que tener en cuenta que el resultado varia en cuanto a la ubicación, zonificación de la zona, microzonificación espectral y los materiales con los que se van a realizar. Asimismo el tipo de uso que le va a brindar; debido a esto es relativo generalizando el mejor método para usar en unas edificaciones en vista de que se tiene diferentes características.

BIBLIOGRAFÍA

Comisión asesora permanente para el régimen de construcción sismo resistente. Reglamento colombiano de construcción sismo resistente, Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica. Marzo 2010

CRISAFULLI, Francisco.; VILLAFANE, Elbio. Guía de estudio: Espectros de respuesta y diseño. Ingeniería Sismorresistente. Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional de Cuyo. Mayo 2002. p.22

CHOPRA, Anil. Espectros de respuesta de deformación, de pseudo-velocidad y de pseudo-aceleración. En: *Dinámica de estructuras*. Cuarta Edición. México. Pearson. 2014.

Diccionario de Arquitectura y Construcción (Definiciones y traducciones). Disponible en: <http://www.parro.com.ar/definicion-de-amortiguamiento+viscoso>. Fecha de consulta: 10 de septiembre de 2018.

ESTRUCTURAS Conceptos – Apuntes – Divulgación... avanzada. Disponible en: <https://seismic06g.wordpress.com/2012/11/03/acelerogramas1/>>. Fecha de consulta: 9 de septiembre de 2018.

GALLEGO, M. Acerca de la Construcción de Edificaciones, Esbeltas, Elevadas, Pesadas y Densamente Pobladas sobre Suelos Blandos de la Ciudad de Bogotá. 2007

JARAMILLO, Ricardo; RIVEROS, Carlos Eduardo. Análisis no lineal dinámico tridimensional de edificios en concreto reforzado sometidos a los registros del sismo de Quetame (2008). Trabajo de grado para optar al título de ingeniero civil. Pontificia Universidad Javeriana, Facultad Ingeniería Civil.

<http://www.javeriana.edu.co/biblos/tesis/ingenieria/tesis517.pdf>. Bogotá. Mayo 2011

MONTAÑA, Miguel. Análisis “push-over” de edificios con pórticos de acero en Bogotá”. Tesis master oficial de ingeniería del terreno e ingeniería sísmica. Universidad politécnica de Cataluña. Barcelona 2010.

OLLER Sergio, CAR Eduardo. Respuesta dinámica de las estructuras. Departamento de Resistencia de Materiales y Estructuras en la Ingeniería. Universidad Politécnica de Catalunya. 1999.

OLLEROS, Ignacio. Mecánica de Sólidos. Departamento de Ingeniería Mecánica. Universidad Politécnica de Madrid. Mayo 2016.

SANCHEZ, José A.; MAGNO, Carlo y GOMÉZ Roberto. Evaluación de criterios de diseño por torsión sísmica estática para edificios de varios pisos. *Revista de Ingeniería Sísmica*. 2004, núm. 71, (julio-diciembre, 2004). Sociedad Mexicana de Ingeniería Sísmica Distrito Federal, México. ISSN: 0185-092X

SILVA, Omar. OPYRIGHT CONCRETO - 360 GRADOS -BLOG EN CONCRETO 2018 | TÉRMINOS Y CONDICIONES (Ingeniero Civil) octubre 16.

ARIAS, Rodrigo. Respuesta Transitoria Modal Lineal de una Tubería (SEMTRAN SOL112). Disponible en: <http://www.iberisa.com/soporte/femap/dinamico/tuberia.htm> Enero 2010.

ROCHEL, Roberto. Análisis y diseño sísmico de edificios. Fondo Editorial Universidad EAFIT, 2012. p. 388

Federal Emergency Management Agency (FEMA). Handbook for the Seismic Evaluation of Buildings: A Prestandard (FEMA 340), 2004, Washington D.C.

Sección 4. Análisis y Evaluación Estructural pp 448 Bogotá D.C., Enero 2016
Sección <https://www.inti.gob.ar/cirsoc/pdf/publicom/07-Seccion4.pdf>

Federal Emergency Management Agency (FEMA), FEMA 356 Prestandard
November 2000, Washington D.C.

Seismic evaluation and retrofit of concrete buildings. (ATC40). CALIFORNIA SEISMIC
SAFETY COMMISSION. proposition 122 seismic retrofit practices improvement program.
Report SSC 96-01. NOVIEMBRE 1996.

AIS300 Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, 1998. Normas Colombianas de
diseño y construcción sismo resistentes, ley 400 de 1997, decreto 33 de 1998 text-indent.

American society of civil engineers. Seismic rehabilitation of existing Buildings. ASCE/SEI
41-06. Published by the American Society of Civil Engineers.

Sofyan. Y. Ahmed, (Ph.D.) Civil Engineering Department, Mosul University, Mosul, Iraq.
Seismic Evaluation of Reinforced Concrete Frames Using Pushover Analysis. June 2013

Structural Engineers Association of California (SEAOC). VISION 2000 Committee (1995,)
Performance Based Seismic Engineering of Buildings, Volume. I, Sacramento, CA, USA.

Dargush, G. F. and Soong, T. T. Recent structural applications of passive energy
dissipation in North America. Workshop Technical Papers. ATC-15-5. Disponible en:
[http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_nlinks&ref=000160&pid=S1794-
1237200600020001000014&lng=en](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_nlinks&ref=000160&pid=S1794-1237200600020001000014&lng=en)

Kitamura, Haruyuki; Teramoto, Takayuki and Kobori, Tohru. Advanced technology in
response control of high-rise buildings. Second Conference on Tall Building in Seismic
Regions. Los Angeles, May, 1991.

Wilson, Edward L. Three dimensional static and dynamic analysis of structures. 3 ed.
Computers and Structures, Inc. Berkeley, California, USA. 2000. Disponible en:
http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1794-12372006000200010#8

ANEXOS.

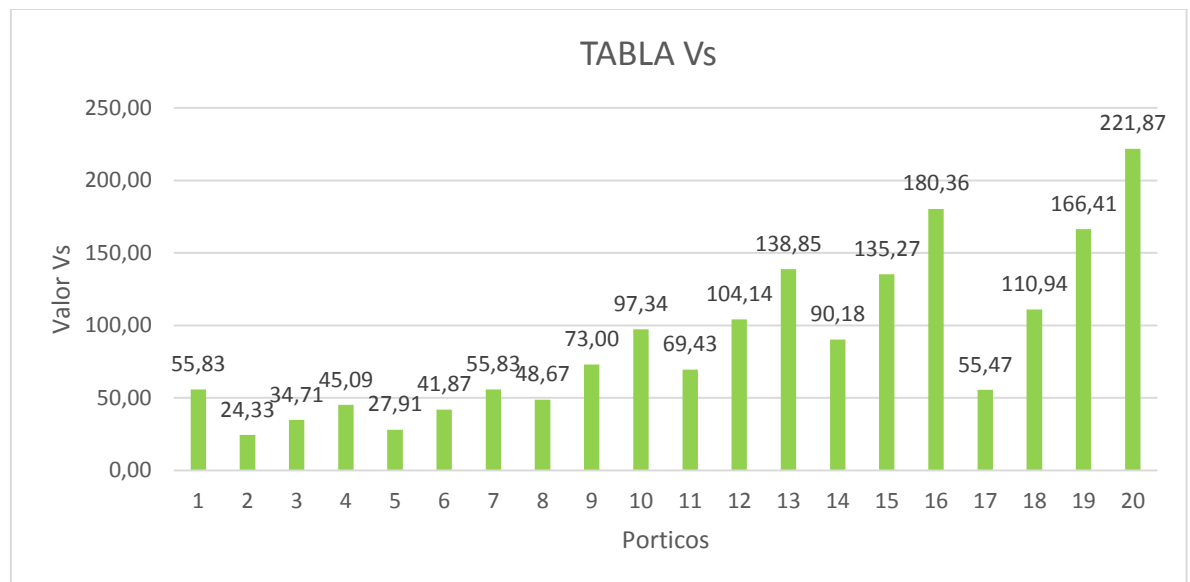
1. Valores de los pórticos dinámicos del Vs.

PORTICOS	VS	/Valor según tabla	* Gravedad
1	54,46	5,25	12745,26
2	24,33	1,28	12589,89
3	34,71	1,26	12355,98
4	45,09	1,25	12235,51
5	27,91	1,30	12766,60
6	41,87	1,29	12634,74
7	55,83	1,30	12732,25
8	48,67	1,26	12402,94
9	73,00	1,26	12354,19
10	97,34	1,26	12336,12
11	69,43	1,25	12247,36
12	104,14	1,25	12248,57
13	138,85	1,25	12257,34
14	90,18	1,24	12161,44
15	135,27	1,24	12184,93
16	180,36	1,24	12203,86
17	55,47	1,24	12160,20
18	110,94	1,25	12211,53
19	166,41	1,25	12260,50
20	221,87	1,25	12279,69

2. Correcciones de la gravedad.

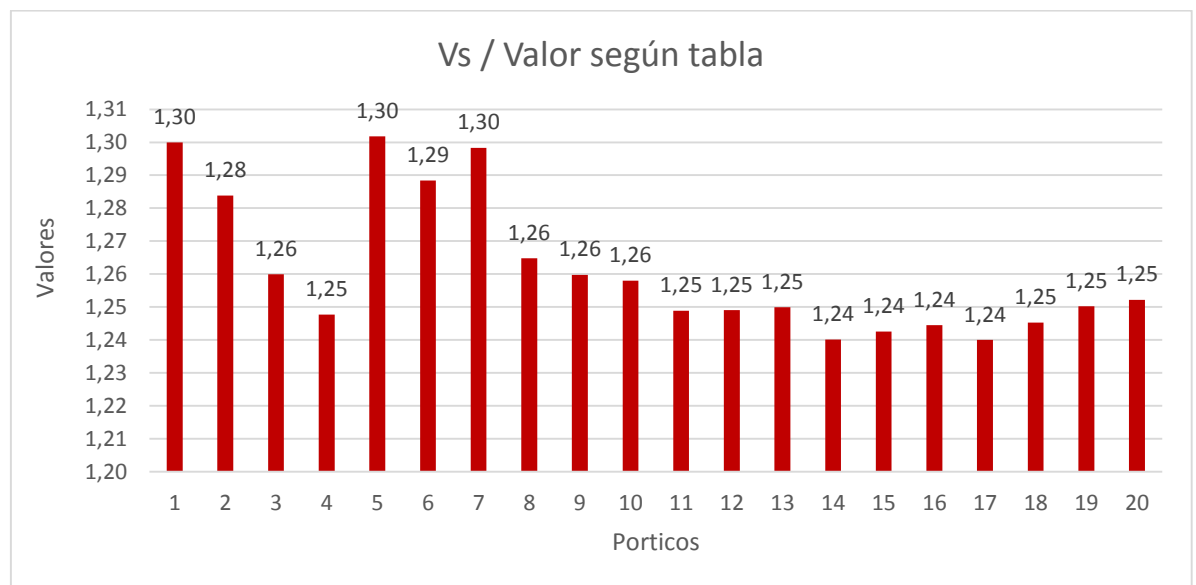
PORTICOS	VS
1	55,83
2	24,33
3	34,71
4	45,09
5	27,91
6	41,87
7	55,83
8	48,67
9	73,00

10	97,34
11	69,43
12	104,14
13	138,85
14	90,18
15	135,27
16	180,36
17	55,47
18	110,94
19	166,41
20	221,87



PORTICOS	/Valor según tabla
1	1,30
2	1,28
3	1,26
4	1,25
5	1,30
6	1,29
7	1,30
8	1,26

9	1,26
10	1,26
11	1,25
12	1,25
13	1,25
14	1,24
15	1,24
16	1,24
17	1,24
18	1,25
19	1,25
20	1,25



PORTICOS	* Gravedad
1	12745,26
2	12589,89
3	12355,98
4	12235,51
5	12766,60
6	12634,74

7	12732,25
8	12402,94
9	12354,19
10	12336,12
11	12247,36
12	12248,57
13	12257,34
14	12161,44
15	12184,93
16	12203,86
17	12160,20
18	12211,53
19	12260,50
20	12279,69

